

O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO E DE USO DE UM MATERIAL POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVO VISANDO A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM TÓPICOS DE COLISÕES: APRESENTAÇÕES DE SLIDES E UM AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM

(The process of constructing and using a potentially meaningful material aiming at the meaningful learning of the collisions topic: slides presentation and a virtual learning environment)

Anna Elisa de Lara [annafisica@gmail.com]
Célia Maria Soares Gomes de Sousa [celiasousa@unb.br]
Universidade de Brasília/Instituto de Física
Campus Darcy Ribeiro, Brasília – DF

Resumo

A experiência relatada neste trabalho trata da construção e da aplicação de um material instrucional sobre o tópico Colisões, elaborado com o objetivo de promover o processo de aprendizagem significativa, utilizando as novas tecnologias da informação e da comunicação (TIC's). Participou desse trabalho uma turma da primeira série do ensino médio, no segundo semestre de 2006, do Centro Educacional Dimensão, na cidade satélite do Guará, em Brasília, DF. Para o desenvolvimento dessa experiência nos fundamentamos nos resultados de pesquisas já realizadas na área e especialmente na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Fazem parte do material produzido uma série de aulas em *slides* e um conjunto de atividades que podem ser utilizadas em um ambiente virtual Moodle. Juntamente com a construção deste material foram produzidas algumas animações também visando facilitar o processo de aprendizagem significativa. Estas animações fazem parte de alguns *slides* e de atividades do ambiente virtual. O objetivo deste trabalho foi o de explorar a hipótese de que as novas tecnologias da informação e da comunicação, utilizadas como recurso instrucional, elaborado tendo em vista o processo da aprendizagem significativa, seriam capazes de viabilizar tal tipo de aprendizagem, de forma mais eficaz do que os recursos tradicionais. Os resultados encontrados, após a análise dos dados coletados por meio da aplicação de pré e pós teste e teste complementar de retenção, aplicado aos mesmos alunos um ano após o tratamento, nos permitem inferir que houve aprendizagem significativa. A receptividade dos alunos, analisada por meio de seus depoimentos, com relação ao novo material instrucional também foi considerada satisfatória.

Palavras-chave: Tecnologias da informação e da comunicação, aprendizagem significativa, material potencialmente significativo, colisões.

Abstract

The experience described in this paper deals with the construction and application of an instructional material about the topic Collisions prepared with the objective of promoting meaningful learning of it using new technologies of information and communication (TIC's). Such experience was carried out with a group of first-year high school students during the second semester of 2006, in the Dimension Educational Center, of the satellite city of Guará, in Brasília, DF. The development of the experience was based on previous research findings and on David Ausubel's meaningful learning theory. The instructional material was formed by a series of screen lessons and a set of activities that might be used in a Moodle virtual environment. Together with the construction of these materials some computer animations were also produced aiming at the facilitation of the meaningful learning process. These animations are part of some of the screen lessons as well as of some of the activities proposed in the virtual environment. The objective of this work was to explore the hypothesis that the new technologies of information and communication when used as instructional resource, taking into account the meaningful learning

process, are able to facilitate this kind of learning in a more effective way than traditional materials. The findings resulting from the analysis of pre and posttest and of a retention test applied one year after the experience suggest the occurrence of meaningful learning. The students' receptivity to the new instructional materials as inferred from their written statements was also quite satisfactory.

Keywords: Meaningful learning, potentially meaningful material, technologies of information and communication, collisions.

Introdução

Este estudo trata do desenvolvimento de um conjunto de materiais e metodologia destinado a promover uma aprendizagem mais efetiva por parte dos alunos do Ensino Médio, em conteúdos de Colisões, dentro da ótica ausubeliana da aprendizagem significativa, utilizando as Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC's).

No contexto observado em nossas salas de aula, percebemos que as representações que o principal recurso de sala de aula (quadro e giz) possibilitava eram demasiadamente limitadas se comparadas com aquelas que a tecnologia oferecia. Além disso, os alunos mostravam-se muito entediados, desinteressados e sem motivação para aprender. Outro fator observado foi o de que grande parte dos materiais tradicionais não apresentava uma estrutura comprometida com a aprendizagem significativa e nem se mostrava interessante no ponto de vista dos alunos.

Com base na problemática delineada por tal contexto, elaboramos a hipótese de que as novas tecnologias da informação e da comunicação, utilizadas como recurso instrucional, elaborado tendo em vista o processo da aprendizagem significativa, seriam capazes de promover tal tipo de aprendizagem, de forma mais eficaz do que os recursos tradicionais.

Assim, foram elaborados dois materiais complementares entre si: uma série de aulas em apresentações de *slides* e um conjunto de atividades para serem utilizadas em um ambiente virtual de aprendizagem (*moodle*). Esses materiais foram aplicados a uma turma da primeira série do Ensino Médio de uma escola de pequeno porte da rede particular no Distrito Federal. A análise dos dados coletados nos permite afirmar que parece ter ocorrido aprendizagem significativa com o uso desse novo material.

Referencial Teórico

O conceito que se configurou como a base para esse trabalho foi o de aprendizagem significativa, tal como proposto por David Ausubel (1968), na teoria da aprendizagem significativa. O referencial teórico ausubeliano se configura realmente como o mais adequado para esse trabalho, dado que o objetivo é o de construir um material potencialmente significativo, uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa.

Ausubel (em Moreira, 1999a) considera três tipos gerais de aprendizagem: a cognitiva, a afetiva e a psicomotora. A primeira é o resultado do armazenamento de informações organizadamente na estrutura cognitiva do sujeito. A segunda está ligada aos sentimentos e representações que o sujeito cria deles e a terceira envolve respostas musculares e depende do treino e da prática. Como algumas experiências cognitivas envolvem sentimentos e sensações, a aprendizagem cognitiva e a afetiva são concomitantes. Analogamente, experiências motoras também evoluem aspectos cognitivos e afetivos. Apesar de fazer uma distinção dos tipos gerais de aprendizagem Ausubel se interessa, em primeiro plano, pela aprendizagem cognitiva.

Para ele, aprendizagem desse ponto de vista se traduz em integração e organização dos materiais (conhecimentos, objetos) na estrutura cognitiva. Em sua ótica, o fator que mais influencia a aprendizagem significativa é o conjunto de conhecimentos prévios do aluno, a organização que ele já possui, a qual deverá servir como ponto de ancoragem para as novas informações. Ausubel considera como base essencial do processo de aprendizagem, aquilo que o aluno já sabe, aquilo que já faz parte da sua estrutura cognitiva; quanto mais claros, inclusivos e disponíveis forem tais conhecimentos tanto melhor será o nível de aprendizagem. Por outro lado, quanto mais significativa for a aprendizagem ocorrida em determinada área, tanto mais claros, inclusivos e disponíveis se tornarão seus conhecimentos.

Para Ausubel, o armazenamento de informações na mente do aprendiz se dispõe de forma estruturada, organizada e hierárquica; é esse complexo organizado de informações que ele denomina estrutura cognitiva. Esse sistema de informações do sujeito, organizado e hierárquico, é fruto (representação) de suas experiências sensoriais (Moreira, 1999a).

Para que a aprendizagem significativa ocorra é necessário que a nova informação interaja com aquela, especificamente relevante para tal, que o aprendiz já tem. Para isso ela deve ser armazenada de forma não-literal e não-arbitrária em sua estrutura cognitiva. Isso quer dizer que o sujeito precisa perceber, na nova informação, alguma relação com os conhecimentos que já fazem parte da sua estrutura cognitiva e, ainda, tal relação deve fazer sentido para ele.

“Para Ausubel, aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não-literal) e não-arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Isto é, nesse processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de ‘conceito subsunçor’ ou, simplesmente, ‘subsunçor’, existente na estrutura cognitiva de quem aprende (Moreira, 1999b, p. 11)”

Assim, a informação prévia com a qual a nova informação irá interagir é denominada de **subsunçor**. Dessa forma a aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se ancora em um subsunçor.

“Um ‘subsunçor’ é, portanto, um conceito, uma idéia, uma proposição, já existente na estrutura cognitiva capaz de servir de ‘ancoradouro’ a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o sujeito (i.e., que ela tenha condições de atribuir significados a essa informação) (Moreira, 1999b, p. 11)”

Atenção especial é dada, neste trabalho, para as condições necessárias à ocorrência da aprendizagem significativa. Segundo Moreira (1999a), para tal é necessário que:

- a) o aprendiz tenha os subsunçores adequados: a informação precisa ser ancorada em subsunçores de maneira que essa ancoragem faça algum sentido para o aluno. Assim, ele precisa conhecer algo que possibilite, de alguma forma, a relação com o que ele quer aprender. Em outras palavras, o aluno precisa ter uma condição cognitiva adequada.
- b) o material a ser aprendido seja potencialmente significativo: de acordo com Moreira (1999b), o material potencialmente significativo é aquele que é relacionável ou incorporável à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitrária e não-literal.

Como faz parte da proposta deste estudo desenvolver um material que facilite a aprendizagem significativa por parte dos alunos, é muito importante que se dê o devido peso a esta condição. Um material potencialmente significativo deve poder ser “incorporável” de várias maneiras aos conhecimentos dos alunos. Assim, após avaliar quais seriam os seus conhecimentos sobre o assunto, há que se procurar diversas maneiras de relacionar o novo conhecimento com eles. Além disso, a possibilidade de uso de diversos recursos como sons, imagens, cores, animações, simulações e demais recursos multimídia, abre um leque muito grande de possibilidades de relação com aquilo que o sujeito já conhece. Uma intervenção didática que valorize o discurso dos alunos, a interação entre os mesmos e também entre eles e o professor, pode facilitar esse processo de relacionar a nova informação com aquela já existente. A possibilidade de explorar situações que façam parte do cotidiano do aprendiz também deve ser levada em conta. Fazendo isso, certamente ficaria mais clara para o estudante, a relação entre o conteúdo e aquilo que já faz parte de seu sistema cognitivo. Todos estes aspectos relacionados podem conferir ao material o status de ser potencialmente significativo desde que, além disso, ele seja também coerente do ponto de vista lógico e conceitual.

c) o aprendiz esteja predisposto a aprender de forma significativa: ou seja, o aprendiz deve manifestar uma disposição para relacionar, de maneira substantiva e não-arbitrária o novo material à sua estrutura cognitiva.

“Esta condição implica o fato de que, independentemente de quão potencialmente significativo possa ser o material a ser aprendido, se a intenção do aprendiz for, simplesmente, a de memorizá-lo arbitrariamente e literalmente, tanto o processo de aprendizagem como seu produto serão mecânicos (ou automáticos) (Moreira, 1999b, p. 23)”.

Moreira ainda comenta sobre um exemplo utilizado pelo próprio Ausubel relacionado a uma lei física que envolve relação matemática. Para que um aluno possa aprendê-la, de maneira significativa, é necessário que ele domine tanto os conceitos como o significado da relação matemática contidos nessa lei. Se ele possui essa compreensão então esta lei é considerada uma proposição potencialmente significativa para o sujeito. E, além disso, para alcançar a aprendizagem significativa, ele precisa querer, precisa decidir relacionar o conteúdo desta proposição aos elementos do seu sistema cognitivo. Isso implica que a aprendizagem significativa é uma decisão do sujeito, acima de tudo.

Contudo, há que se considerar a influência do professor e do material nessa decisão. Acreditamos que a maneira segundo a qual o conteúdo é apresentado, trabalhado e discutido podem fazer com que esta decisão seja algo natural. É importante levar em conta que o professor não pode decidir pelo aluno, mas deve sempre tentar influenciar essa decisão. Consideramos que uma das maneiras de fazer isso é mostrar a aplicabilidade, a relevância do conteúdo. Outra maneira de tornar o conteúdo mais acessível é fazer com que seja natural passar de uma proposição à outra de maior complexidade. Ou seja, tornar o mais próxima possível uma proposição mais simples da subsequente mais complexa, estabelecendo pequenos degraus em relação à complexidade dos raciocínios envolvidos, para que o aluno não se sinta perdido, e para que possa relacionar com mais facilidade tais proposições. Analisar e discutir a estratégia de resolução de determinadas situações-problema é um procedimento que também pode auxiliar o aluno a ver “lógica” e decidir utilizar desta estratégia por considerá-la útil, eficaz. Entretanto, é importante considerar que a decisão quanto à maneira de estabelecer as relações em sua estrutura cognitiva é exclusivamente do aluno. Ausubel (em Moreira, 1999a) identifica três tipos de aprendizagem significativa: **aprendizagem representacional** (tipo mais básico, atribuição de significados a símbolos), **aprendizagem de conceitos** (também é um tipo de aprendizagem representacional, porém num nível mais complexo, atribuição de significados a termos específicos, conceitos) e **aprendizagem proposicional**.

Devemos procurar contemplar estes três tipos de aprendizagem, visto que todos eles estão presentes no ensino. Por exemplo: relacionar os elementos do problema aos seus respectivos símbolos convencionais (massa – m , quantidade de movimento – Q , velocidade – v , etc.) envolve a aprendizagem representacional; compreender os conceitos, seus significados, envolve a aprendizagem de conceitos (aceleração, quantidade de movimento, coeficiente de restituição, etc.); utilizar leis e princípios (princípio da conservação da quantidade de movimento, conservação/variação da energia mecânica, etc.) envolve a aprendizagem proposicional. Assim, diversos níveis de abordagem devem ser contemplados pelo material, de forma organizada e sistemática, para que os sujeitos alcancem a aprendizagem proposicional de forma significativa.

Ausubel (em Moreira, 1999a) também estabelece que o processo de assimilação pode gerar três modalidades de aprendizagem significativa:

- a) Quando a nova idéia é mais específica e abarcada por elementos mais gerais já pertencentes ao sistema cognitivo do sujeito, a aprendizagem é chamada de *subordinada*. Em termos hierárquicos, informação assimilada está abaixo daquela que lhe serve de ancoradouro.
- b) No caso de quando a nova idéia é mais geral, abarcando vários elementos específicos preexistentes no sistema cognitivo do aprendiz, a aprendizagem é denominada *superordenada*. Em termos hierárquicos a informação assimilada está acima daquelas que lhe serviram de ancoradouro, abarcando-as, ordenando-as, organizando-as.
- c) Se a nova informação não puder ser abarcada por elementos mais gerais e nem puder abarcar elementos específicos já disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz, a aprendizagem é dita *combinatória*.

A ocorrência desses processos, repetidas vezes, leva à *diferenciação progressiva* (mais ligada ao processo de subordinação) e à *reconciliação integrativa* (mais ligada ao processo de superordenação).

Calcado neste referencial, Moreira (1999a) destaca alguns pontos relacionados à práxis pedagógica:

“(...) o primeiro e mais importante fator cognitivo a ser considerado no processo instrucional é a estrutura cognitiva do aprendiz no momento da aprendizagem (Moreira, 1999a, p. 161).”

É de extrema importância que o educador identifique a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino, para que os subsunçores sejam preparados para o processo de ancoragem. Para isso, é interessante mapear a hierarquia dos conceitos a serem apresentados aos alunos. Por meio desse mapeamento o professor estará em condições de identificar os subsunçores que devem ser utilizados no procedimento instrucional. Ou seja, o professor precisa, antes de iniciar o processo instrucional, diagnosticar aquilo que o aluno já sabe.

Com base nesse diagnóstico, o professor terá condições de utilizar recursos que facilitem a aquisição da estrutura conceitual a ser ensinada. É importante que o professor procure promover os processos de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa no intuito de auxiliar o aluno a assimilar a estrutura do conteúdo bem como de organizar a sua própria estrutura cognitiva, à luz daquela.

Procuramos, neste trabalho, auxiliar o aluno a alcançar a aprendizagem significativa e, por isso, é necessário compreender como avaliar se isso aconteceu, como procurar as evidências de sua ocorrência.

“(...) ao se procurar evidências de compreensão significativa, a melhor maneira de evitar a ‘simulação da aprendizagem significativa’ é formular questões e problemas de maneira nova e não familiar que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido. Testes de compreensão devem, no mínimo, ser escritos de maneira diferente e apresentados em um contexto distinto, de certa forma, daquele originalmente encontrado no material instrucional. Solução de problemas, sem dúvida, é um método válido e prático de se procurar evidência de aprendizagem significativamente (Moreira, 1999b, p. 56)”.

Assim, entendemos que as situações de avaliação devem exigir transformação do conhecimento. É importante que o sujeito seja capaz de mobilizar o conhecimento, ou seja, o conhecimento deve poder ser deslocado, alterado, ajustado a novas situações. Isso mostra a extensão do domínio que ele tem sobre as idéias adquiridas e como elas podem ser relacionadas. Um alto nível de relacionabilidade pode evidenciar que o conhecimento está estável, claro e bem estabelecido. Além disso, se o aluno usa coerentemente os conceitos adquiridos, se demonstra que compreende seus significados, por meio de seu discurso (que não seja um discurso decorado), por exemplo, muito provavelmente é porque eles foram assimilados de maneira significativa. Finalmente, a habilidade de transformar, transferir e manipular o conhecimento é uma evidência, pelo que parece, da aprendizagem significativa.

Metodologia

Inicialmente foi aplicado um questionário ao grupo de alunos, para que pudéssemos saber qual era o nível de acesso à Internet e o nível de domínio das funções e programas básicos do computador. Com base nesses dados, construímos o material instrucional visando à facilitação do processo de aprendizagem significativa.

Esse material é composto por duas partes complementares entre si: as apresentações de *slides* e as atividades a serem realizadas no ambiente virtual *moodle*. Após esta elaboração, submetemos uma turma de 37 alunos, da primeira série do Ensino Médio, de uma escola particular localizada na cidade satélite do Guará, no Distrito Federal, a um teste prévio, para caracterizar a situação inicial do grupo. Este teste prévio (pré-teste) foi aplicado antes de qualquer tratamento e foi igual ao teste final (pós-teste).

O delineamento aqui adotado é, segundo Campbell e Stanley (1991), do tipo pré-experimental. Em razão disso consideramos o presente trabalho um relato de experiência.

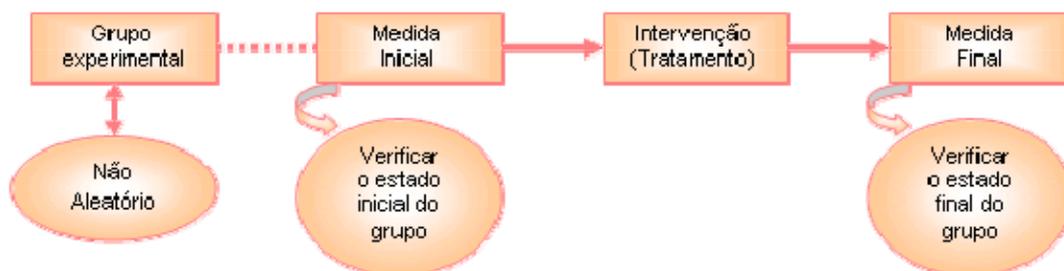


Figura 1 – Delineamento pré-experimental. Abandono do caráter aleatório dos grupos e ausência de um grupo de controle.

Após a aplicação do pré-teste foi iniciado o tratamento da seguinte forma: uma parte da turma era levada à sala de vídeo, onde as aulas em apresentação de *slides* eram ministradas, enquanto que a outra parte ficava no laboratório de informática desenvolvendo atividades no ambiente virtual. Depois se invertia a ordem, de tal forma que todos os alunos participassem, apenas uma vez de cada processo. Para que isso funcionasse, a primeira aula em apresentação de *slides* foi ministrada a toda a turma. A parte dos sujeitos que caminhou mais rapidamente nas atividades do ambiente virtual foi a turma que começou a segunda lição (em *slides*) primeiro, enquanto que os que tinham menos acesso à Internet ficaram concluindo as atividades da primeira lição. Isso ocorreu de tal forma que os sujeitos eram sempre submetidos ao mesmo tratamento, ou o mais próximo possível, sendo que procurávamos sempre minimizar quaisquer possíveis diferenças.

Quando se deram por encerradas as atividades das cinco lições, os sujeitos foram submetidos ao pós-teste. Assim poderíamos fazer uma comparação da situação final dos alunos com a inicial. Estes testes consistiram de 15 questões variadas (múltipla escolha, associação de colunas, resposta numérica, múltipla escolha com mais uma alternativa correta, verdadeiro ou falso) sendo que para o conteúdo abordado em cada uma das cinco lições, havia três questões. Os testes foram respondidos no próprio ambiente virtual. Assim, para cada sujeito que acessava o teste, tanto as questões como as opções de resposta, apareciam em ordem diferente. O próprio ambiente registrou, em cada questão, quantos alunos marcaram cada uma das opções de resposta, fornecendo os resultados em número e percentual.

Após a realização dos testes, os resultados foram agrupados em uma tabela e tratados com estatística descritiva. Foram calculados os percentuais médios de acerto por questão, cujos valores foram plotados em um gráfico de barras mostrando as diferenças entre a situação inicial e final do grupo, por questão. Os percentuais médios gerais de acerto do pré e pós-testes, bem como os desvios padrão também foram calculados e plotados em um gráfico de dispersão com barra de erros, mostrando claramente a diferença entre a situação geral inicial e final do grupo.

No ano seguinte à realização desse estudo, quando os alunos dessa classe estavam na segunda série do Ensino Médio, percebemos que mais de 80% dos sujeitos que tinham sido submetidos ao tratamento ainda permaneciam na escola. Diante desse quadro, elaboramos um teste para ser aplicado exatamente um ano após o tratamento, com o intuito de avaliar o nível de retenção dos conteúdos abordados pelo material elaborado. Além disso, os resultados desse teste enriqueceram e ampliaram a abrangência de nossa experiência. Desta maneira, exatamente um ano após o tratamento, aplicamos um questionário para investigar a opinião dos alunos sobre a aplicação do material, e um teste semelhante ao pré-teste, que chamamos de teste de retenção. Consideramos que este teste deveria contemplar questões abertas também; por isso, ele difere um pouco dos outros dois testes. Algumas questões do teste de retenção também aparecem nos demais testes, porém aparecem com numeração diferente. Os resultados de todas as avaliações citadas serão apresentados mais à frente.

As Apresentações de *Slides*

As aulas em apresentação de *slides*, como já comentado, foram distribuídas em cinco lições: quantidade de movimento, colisões elásticas e inelásticas, coeficiente de restituição e colisões parcialmente elásticas, conservação da quantidade de movimento, impulso e variação da quantidade de movimento.

A primeira lição tem o objetivo de, por meio da exploração de diversas situações envolvendo colisões, levar o aluno a desenvolver o conceito de quantidade de movimento e perceber a importância dele no estudo das situações referidas. Assim, ela inicia com um diálogo entre o professor e a turma, no qual o objetivo é o de levantar situações de colisão que os alunos já

tenham vivenciado ou observado, na tentativa de fazer uma contextualização do termo “colisão”. Após este diálogo, que, acreditamos, deve preparar os subsunçores para a ancoragem dos novos conhecimentos, dá-se início à análise de algumas situações de colisões familiares (Figura 2).

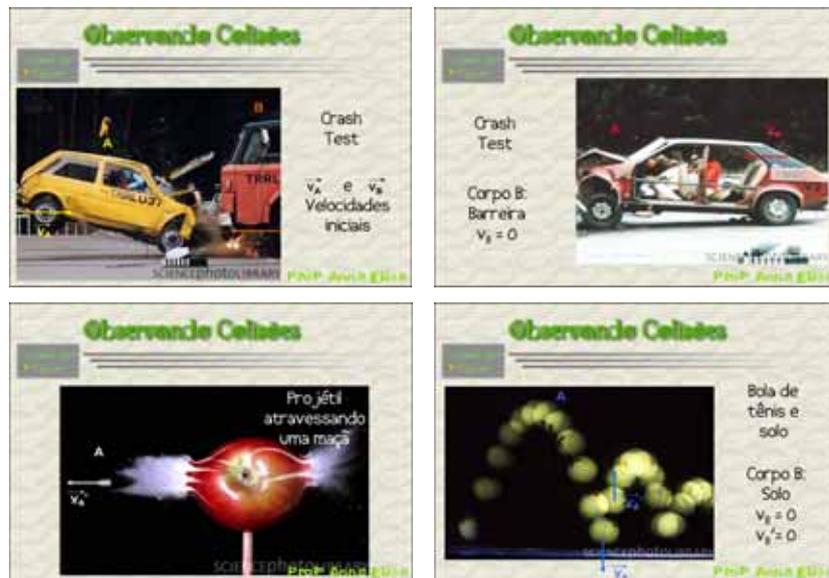


Figura 2 – Lição 1, slides 3, 4 5 e 6, respectivamente.

Nessas situações, progressivamente, designamos cada corpo do sistema com uma letra diferente, representamos as velocidades antes e depois do instante da colisão com vetores e, ainda, identificamos as situações onde alguma velocidade é nula. Isso é feito de maneira aparentemente apenas operacional, mas com o sério objetivo de levar o aluno a incorporar uma estratégia de resolução deste tipo de situação, ao mesmo tempo em que organiza, na sua estrutura cognitiva como e quais grandezas físicas se relacionam com a situação de colisão. Como estamos iniciando com a introdução dos conceitos mais específicos para, mais tarde, chegarmos a uma proposição mais geral (o princípio da conservação da quantidade de movimento), temos sempre em mente a estruturação de um processo de assimilação por superordenação.

Após a análise de mais algumas situações de colisões no contexto do cotidiano, uma questão é lançada aos alunos para que eles percebam que a velocidade é uma grandeza importante no estudo das colisões. O fato de eles terem isso como uma conclusão natural e própria, deve, como acreditamos, facilitar a ancoragem desse conhecimento, dado que ele está obviamente interligado com os subsunçores que vêm sendo utilizados na lição, até este ponto. Nesse momento também formalizamos a convenção da maneira de representar as velocidades inicial e final de cada um dos corpos do sistema. Mais algumas situações são apresentadas ao aluno, desta vez destacando a importância da massa como uma grandeza física importante no estudo das colisões. Novamente o aluno é levado a perceber isso como uma conclusão própria e natural. Assim, introduzimos, utilizando a situação mostrada no slide 20 (Figura 3) o novo conhecimento central dessa lição: o da quantidade de movimento. Ele surge para solucionar uma situação proposta dentro de um contexto, pelo menos razoavelmente compreendido pelo aluno. Acreditamos que, pelo que já foi desenvolvido na lição, os subsunçores que devem ancorar este novo conhecimento já estão preparados o suficiente para incorporá-lo. Além disso, após a introdução do conceito, é proposto, logo de imediato, que os alunos façam uso do mesmo, aplicando-o e avaliando o resultado encontrado, na intenção de que os elos entre este novo conhecimento e seu ancoradouro sejam reforçados pela significância e utilidade dele.



Figura 3 – Lição 1, slides 20 e 21, respectivamente.

O último *slide* desta lição, assim como é feito em todas as demais, reforça seu ponto mais importante: “Destaque desta lição: a quantidade de movimento é uma grandeza importante no estudo das colisões”. Isso é feito com a intenção de que o aluno tenha clareza daquilo que deve ser privilegiado no processo de assimilação desse novo conhecimento.

O objetivo da segunda lição é o de fazer o aluno perceber que existe uma maneira de classificar as colisões em dois grupos, elásticas e inelásticas, também por meio do processo da observação e análise de situações variadas. Esta e todas as lições seguintes são iniciadas da mesma maneira: procurando resgatar os pontos essenciais da lição anterior. Isso é feito no intuito de consolidar um elo entre as idéias e os conceitos da matéria de ensino. Esse elo é de importância substancial, visto que pode funcionar como uma preparação dos subsunçores, ativando-os e tornando-os mais disponíveis, para que aluno os utilize no processo de ancoragem a ser realizado durante a lição.

Após esse resgate definimos, então, que estamos tratando de um sistema isolado e explicamos em que consiste isto. Assim, iniciamos a abordagem de uma nova série de situações. Nelas, novamente, desenvolvemos a análise do momento anterior e posterior ao instante da colisão. Entretanto, nessa e nas oportunidades seguintes, essa estratégia vai sendo mais reforçada, mais formalizada como um procedimento essencial para o trato de situações desse tipo, com o propósito de fazer com que tal procedimento seja incorporado ao repertório de estratégias do aluno, auxiliando na ancoragem dos conceitos pertinentes e necessários ao tratamento da situação. Assim que cada situação é colocada, duas perguntas são feitas aos alunos: “o que mudou aqui?” e “os corpos ficaram juntos ou separados?”. Isso direciona a atenção do aluno para a comparação entre a situação inicial e final dos corpos, fazendo-os perceber, como algo lógico, que nas situações de colisões os corpos ficam juntos ou separados, após colidirem. Desta forma, naturalmente, é possível classificar as colisões em dois grupos. Dentre estas várias situações mostradas, algumas ocorrem de maneira dinâmica; são animações produzidas por nós, utilizando o programa *Macromedia Fireworks MX*.

Essas animações são salvas como arquivos do tipo GIF (graphical interchange format), que são leves, podem ser facilmente inseridas nos *slides* e podem ser visualizadas em todos os programas atuais para apresentação de *slides*. Na produção dessas animações seguimos rigorosamente as coordenadas fornecidas pelas equações do movimento de cada um dos corpos do sistema buscando, assim, a fiel reprodução da realidade, do ponto de vista das leis da Física. As animações têm um caráter especial no que tange ao quesito de serem potencialmente significativas. Elas envolvem uma situação dinâmica controlada, o que acreditamos ser, por natureza, mais relacionável à estrutura cognitiva que os quadros estáticos (que exigem que o aluno imagine uma seqüência de quadros para, em sua mente, constituir o movimento). Além disso, nas animações, chamamos a atenção do aluno para alguns aspectos importantes, como a velocidade de cada corpo antes e depois da colisão.

Depois da apresentação da seqüência de situações, é solicitado aos alunos que sugeriram uma maneira de estabelecer duas categorias de colisões. Depois das sugestões, re-nomeamos essas categorias com os termos formais: colisões elásticas (corpos separados no final) e colisões inelásticas (corpos unidos no final). Elaboramos, ainda, uma animação em Flash (utilizando o *Macromedia Flash MX*), para cada categoria de colisão. As animações em Flash nos possibilitaram o recurso sonoro. Com isso, escolhemos para cada tipo de colisão um som, de tal forma que pudéssemos tornar o material mais potencialmente significativo. No caso da colisão elástica procuramos introduzir, no momento exato da colisão de uma bola de borracha com o solo, um som que se relacionava com o movimento de “bate e volta” da bola. Já no caso da colisão inelástica inserimos um som que lembrava algo que ficava grudado no solo depois de colidir. A inserção desses sons de forma alguma deve ser vista como um estímulo para gerar uma resposta específica. O propósito disso é apenas oferecer aos alunos mais uma forma de relacionar o material com conhecimentos e experiências prévias, apenas de tornar o material mais relacionável e, portanto, mais potencialmente significativo.

Na terceira lição elegemos como objetivos levar o aluno a analisar quantitativamente as velocidades antes e depois da colisão e concluir que as colisões elásticas se diferenciam, podendo ainda ser classificadas em dois grupos e apresentar, partindo de um raciocínio indutivo, o coeficiente de restituição.

A quarta lição visa proporcionar ao aluno uma análise quantitativa da quantidade de movimento total do sistema, antes e depois da colisão. Também é um importante objetivo aqui levar o aluno a perceber, analisando diversas situações, o princípio da conservação do momento linear. O objetivo da quinta e última lição é o de levar o aluno a relacionar a mudança (variação) da quantidade de movimento com a força aplicada e o tempo de aplicação da mesma, bem como introduzir o conceito de impulso, desenvolvendo uma análise matemática literal das grandezas físicas envolvidas na situação de colisão.

Todas as lições foram elaboradas exatamente nos mesmos padrões. Seus detalhes não serão tratados aqui porque já comentamos o necessário para fornecer uma idéia do como elaboramos o material, buscando que ele fosse potencialmente significativo.

O Ambiente Virtual de Aprendizagem

O papel do ambiente virtual de aprendizagem nesta experiência foi o de oferecer um complemento ao material apresentado nas aulas. Assim, a organização do conteúdo da matéria de ensino nesse ambiente foi planejada seguindo a mesma ordem daquela que ele foi apresentado nos *slides*. Há então, neste ambiente, cinco lições que têm os mesmos objetivos das lições já apresentadas. Na verdade, esse ambiente permite trabalhar com mais detalhe cada uma das lições. É aí que o aluno tem a oportunidade de:

- acessar os *slides*, pois os mesmos estão disponíveis no ambiente;
- ler textos mais detalhados sobre o conteúdo e responder a questões sobre os mesmos;
- criar e participar de discussões nos fóruns;
- tirar dúvidas através dos fóruns ou formulando perguntas ao professor ou monitor;
- desenvolver as tarefas de casa e receber um *feedback* rápido;
- responder aos testes e verificar como está indo sua aprendizagem.



Figura 4 – Tela inicial do curso “Colisões”, no ambiente virtual de aprendizagem da UnB.

A figura 4 mostra a tela inicial do curso “Colisões” no ambiente virtual de aprendizagem da Universidade de Brasília. Observe-se que há três colunas nessa tela. Nas colunas da esquerda e da direita estão disponibilizados, conforme a escolha que fizemos quando da construção do curso, os menus básicos de navegação do ambiente.

Destacamos a importância do menu “Mensagens”, o primeiro da coluna da direita. Por meio dele é possível entrar em contato restrito com qualquer participante do curso. É o mais importante meio de comunicação, via ambiente, entre professor e aluno.

A coluna central é a principal. Nela estão contidos os tópicos, limitados por retângulos, dentro dos quais estão as atividades e materiais referentes a cada parte do conteúdo. Neste material há sete tópicos, numerados de zero a seis, sendo que o primeiro e o último são, respectivamente, o de abertura e o de fechamento do curso. Os cinco tópicos intermediários tratam das cinco lições.

A tela central inicial do ambiente (denominada tópico zero) pode ser visualizada na figura 5 onde estão os materiais preparados para receber e dar informações aos alunos. A intenção é a de que, no primeiro momento, os alunos se habituem com o ambiente a fim de adquirir segurança sobre o seu uso. Há, nesse espaço, cinco *links* para páginas com textos e dois fóruns permanentes, respectivamente.

Como já foi dito, os tópicos de um a cinco se referem às cinco lições e neles, para cada lição, digamos, x, sempre são disponibilizadas atividades e materiais análogos. A seguir (figura 6) mostramos o tópico da lição 2, como exemplo. Os tópicos das demais lições seguem o mesmo padrão.

Programação

Colisões



Caro aluno, seja bem vindo!!! 😊

Acesse o "link" [Comece aqui!](#), que você pode ver logo aí abaixo.

Informações Iniciais

- 📄 [Comece aqui!](#)
- 📄 [Campanha "Atualize seu Perfil"](#)
- 📄 [Guia para os participantes dos fóruns](#)
- 📄 [Dez mandamentos do e-aluno](#)
- 📄 [Tipos de atividades](#)

Fóruns Permanentes

- 🗨️ [Quadro de Avisos](#)
- 🗨️ [Dúvidas técnicas](#)

Figura 5 – Tela inicial central do ambiente, para recepção dos alunos.

2

Lição 2

- 🗨️ [Fórum da Lição 2](#)
- 📖 [Leitura e Compreensão 2](#)
- 📄 [Segunda Tarefa](#)
- ✅ [Avaliação da Lição 2](#)
- 🔗 [Colisão Elástica \(link\)](#)
- 🔗 [Colisão Inelástica \(link\)](#)
- 📄 [Slides da aula \(Lição 2\)](#)
- ❓ [Qual a sua Opinião?](#)

Figura 6 – Exemplo do tópico de lição. Visão do aluno do tópico 2 (Lição 2).

- Fórum da Lição x: espaço de discussão no qual qualquer componente do curso pode criar novos tópicos, responder ou fazer perguntas e postar comentários.

- Leitura e Compreensão x: atividade com textos e perguntas intercalados de tal forma que, para progredir na sua realização, o aluno deve responder corretamente à questão. As questões podem ser de diversos formatos. É uma atividade que gera uma nota proporcional ao desempenho do aluno nela.
- x Tarefa: consiste sempre em uma atividade com envio de arquivo. Há um espaço para que o professor dê os comandos e outro para que os alunos enviem o que produziram conforme as instruções fornecidas. Oferece suporte para que o professor as corrija, atribuindo uma nota, e comente o desempenho do aluno na tarefa. O aluno pode ver esse comentário e receber sua nota imediatamente depois da avaliação do professor.
- Avaliação da Lição x: pequeno teste, normalmente com 7 questões, que aparecem randomicamente, inclusive as respostas, e possui limite de tempo para ser respondido. Ao concluir a avaliação o aluno visualiza sua nota, que é proporcional aos seus acertos e que leva em conta, também, seus erros, através de pequenas penalidades, oferecendo ainda, a chance de nova tentativa de resposta para as questões que errou.
- Outros materiais (opcional): vídeos, animações, *links* pertinentes. Varia de lição para lição.
- *Slides* da Aula (Lição x): *link* para que o aluno tenha acesso ao material apresentado em sala.
- Qual sua opinião?: coleta de dados sobre a opinião dos alunos quanto a seu grau de compreensão do conteúdo de cada lição.

As duas atividades mais importantes, do ponto de vista da aprendizagem significativa, disponibilizadas no ambiente virtual de aprendizagem, foram as atividades “Tarefa” e as atividades “Leitura e Compreensão”. Detenhamo-nos um pouco mais nelas.

Na “Tarefa” o aluno sempre era solicitado a desenvolver uma atividade e registrá-la em um arquivo do tipo documento, planilha ou apresentação de *slides*, dependendo das características de cada atividade, e depois a enviar esse arquivo via ambiente.

A característica importante das tarefas é a de que elas envolviam o aluno em um contexto no qual ele era levado a elaborar uma situação problema, ou seja, ele era levado a problematizar uma situação.

Dessa maneira, ele tinha que levantar as informações relevantes na situação estudada bem como fazer estimativas acerca da magnitude das grandezas envolvidas no “problema”. Depois de criar essa situação e ter que expressá-la por meio da construção de um pequeno texto, ele tinha ainda que dar conta dessa situação, resolvendo a questão suscitada. Acreditamos que esse tipo de atividade auxilia o aluno a organizar, em sua estrutura cognitiva, aquilo que ele acabou de estudar. Como ele deve “ensinar” alguém, no caso da primeira tarefa especificamente (figura 7), ele precisará mobilizar os conhecimentos com os quais ele teve contato na aula. Isso parece auxiliar fortemente os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

Nas atividades de “Leitura e Compreensão” o objetivo era um pouco diferente daquele das atividades “Tarefa”. Naquelas havia uma tela inicial (figuras 8 e 9) que apresentava um texto relativamente curto e, depois do disso, o aluno era solicitado a responder uma questão relativa à interpretação do texto para seguir em frente. Assim, essa atividade exigia a leitura do texto e sua análise, trecho a trecho. Muitas vezes o texto era mesclado com imagens, animações ou pequenos vídeos e algumas relações matemáticas. Em muitos casos o texto construía, pouco a pouco, situações problema e solicitava, em dado momento, que o aluno calculasse algo, configurando-se como um problema em seu sentido estrito, por fim.

A atividade “Leitura e Compreensão”, em sua estrutura, retomava completamente todo o conteúdo da apresentação de *slides*. Realizando essa atividade o aluno tinha a oportunidade não só

de rever a aula da qual ele participou na escola, mas também de se aprofundar em certos detalhes e de desenvolver mais profundamente a abordagem matemática do assunto.

Trabalhando com Base em uma Imagem

Imagine que um querido colega seu faltou à aula na qual foi abordado o tema "Quantidade de Movimento". Para ajudar seu colega, que está doente e não pode sair de casa nem receber visitas, você deve preparar um documento no Word mostrando uma espécie de situação problema na qual é preciso encontrar a quantidade de movimento de um corpo. Para isso siga os passos abaixo:

- Escolha uma entre as três imagens abaixo:



- Copie a imagem para o seu documento do Word e desenvolva o trabalho com base nela. Você deve explicar ao seu colega que situação é essa, ou seja o que está acontecendo naquela figura; deve supor (ou pesquise na Internet também, em um site de busca) um valor para a massa desse objeto e informar (avalie pela figura) qual a velocidade do corpo no instante no qual a imagem foi feita (se for em km/h lembre-se de transformar para m/s).

- Depois disso, explique e mostre como calcular a quantidade de movimento desse objeto e dê a sua resposta em kg.m/s.

* Enquanto estiver fazendo a sua tarefa tenha sempre em mente que você está elaborando-a para explicar este conteúdo a um colega que perdeu a aula.

Veja aqui um [exemplo](#) de como você deve fazer a sua tarefa.

Dica: para escrever números, cálculos e fórmulas no Word escolha o botão **Inserir**, depois **Objeto** e em Tipo de Objeto escolha **Microsoft Equation 3.0**. Pode ser que seu computador não tenha o Equation 3.0 instalado. Nesse caso digite as contas no Word conforme for possível.

Ao terminar sua tarefa salve em seu computador com o seguinte nome: tarefa1-seunome.doc

Envie seu documento utilizando o espaço que se encontra logo abaixo.

Figura 7 – Tarefa 1 – visualização do aluno.

Leitura e Compreensão 2

É nesse caso: os corpos ficaram **juntos** ou **separados** depois da colisão?



A sua resposta:

Figura 8 – Uma das telas de “Leitura e Compreensão 2”.

Leitura e Compreensão 5

Observe a colisão entre o corpo A (nosso sistema) e um outro corpo externo.

Observe o corpo A!

$v_A = 2 \text{ m/s}$



Sabendo que $m_A = 4 \text{ kg}$, calcule Q_A e Q_A' .

- $Q_A = 4 \text{ kg.m/s}$ e $Q_A' = 4 \text{ kg.m/s}$
- $Q_A = 2 \text{ kg.m/s}$ e $Q_A' = 0 \text{ kg.m/s}$
- $Q_A = 0 \text{ kg.m/s}$ e $Q_A' = 4 \text{ kg.m/s}$
- $Q_A = 0 \text{ kg.m/s}$ e $Q_A' = 8 \text{ kg.m/s}$
- $Q_A = 8 \text{ kg.m/s}$ e $Q_A' = 0 \text{ kg.m/s}$

Leitura e Compreensão 2

Escolha na lista abaixo quais tipos de colisões nós estudamos:

- Colisão isolada
- Colisão elástica
- Colisão inelástica
- Colisão separada
- Colisão aberta

Figura 9 – Telas da “Leitura e Compreensão 2” e da “Leitura e Compreensão 5”.

As atividades de “Leitura e Compreensão” foram detalhadamente planejadas para que o aluno revise os pontos mais importantes das apresentações de *slides* de tal forma que a ancoragem

desses pontos pudesse ser mais substancial, possibilitando aos subsunçores tornarem-se mais abrangentes, tornando-se capazes de abarcar mais conhecimentos, os pontos de detalhe da lição. Após os tópicos das lições (de um a cinco) um último tópico foi criado, o de avaliação extra, que também marca o fechamento do curso (figura 10). Esta avaliação é exatamente igual ao teste de sondagem, ou seja, ela cumpre o papel de pós-teste.

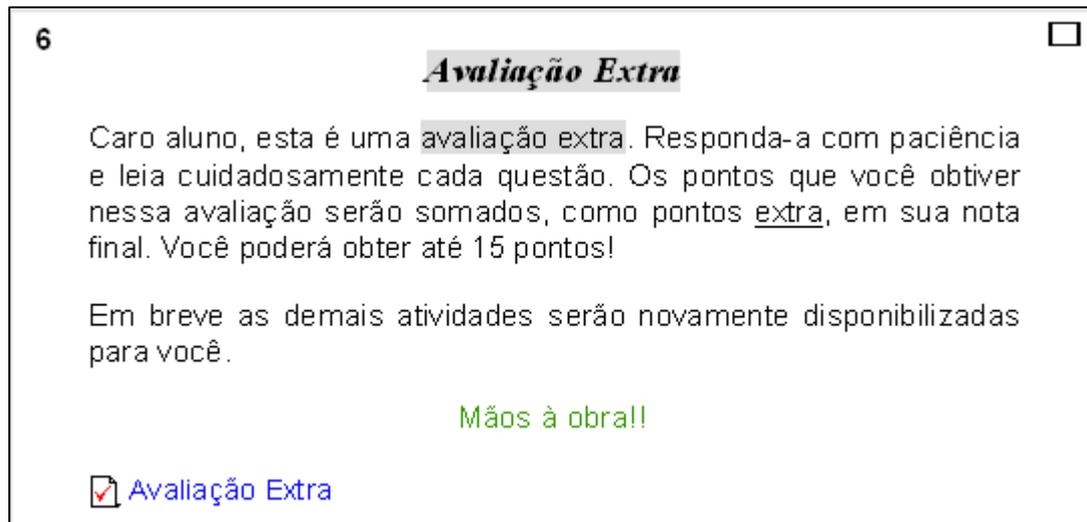


Figura 10 – Avaliação Extra – final do curso.

Resultados e Discussão

Os resultados encontrados após a análise do pré-teste e do pós-teste foram representados no gráfico de barras a seguir (figura 11).

Percebemos, analisando esse gráfico, que em todas as questões houve um incremento positivo nas respostas dos alunos. Isso sugere que em todos os aspectos abordados pelos testes houve progresso, ou seja, aumento do domínio dos conceitos e proposições em questão.

No caso das questões 11 e 13, as quais sondam se o aluno considera como relevantes para uma colisão os conceitos de massa e de velocidade, foi registrado um alto nível de acerto antes do tratamento (86% nos dois casos), o que significa que eles já reconhecem, mesmo que implícita ou intuitivamente, que estes conceitos são grandezas importantes no estudo das colisões. Entretanto, não reconhecem de antemão a importância ou o significado de outras grandezas cujos conceitos são mais elaborados, como a quantidade de movimento, por exemplo. Já as questões 2, 6 e 12 chamam a atenção pelo baixíssimo nível de acertos atingido antes do tratamento. Elas tratam exatamente sobre o conceito de quantidade de movimento, sua variação e sua conservação. Podemos pensar, com base nesses resultados, que o conceito e o princípio citados são muito pouco claros (ou até mesmo completamente desconhecidos) para os alunos antes do processo instrucional.

A tabela 1 contém as médias gerais de acerto, que foram calculadas como médias aritméticas entre as porcentagens de acertos por questão, para cada teste. Também mostramos nesta tabela os desvios-padrão para cada caso. Com base nesses dados desenvolvemos o gráfico da figura 12, que mostra as médias gerais dos percentuais de acertos com barras de erros, que têm a largura do respectivo desvio-padrão.

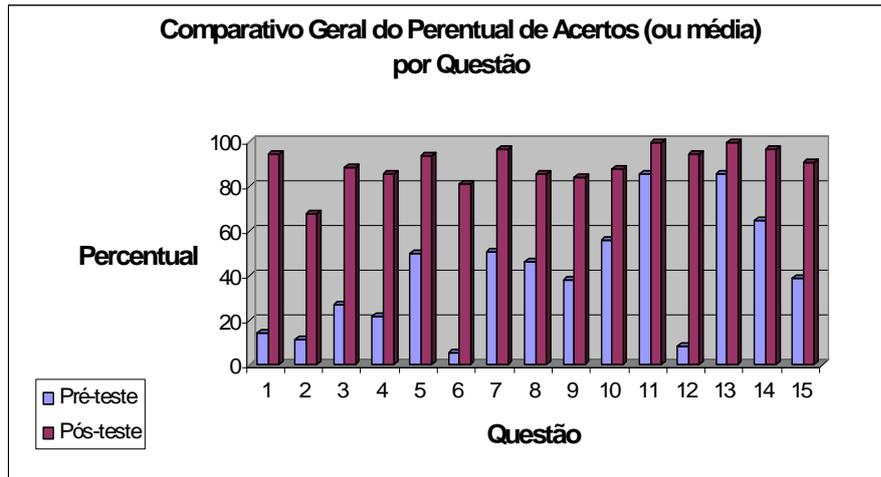


Figura 11 – Comparativo entre pré e pós-teste. Média de acertos por questão.

Tabela 1 – Média geral de acertos no pré e pós-testes e desvio padrão.

	Pré-teste	Pós-teste
Média	40,3%	90,1%
Desvio Padrão	26,2%	8,5%

A distância de mais de 15% entre as barras de erro sugere que os alunos, após o tratamento, mostraram maior domínio e compreensão do conteúdo em questão, o que, por sua vez, sugere que houve ocorrência de aprendizagem significativa em nível satisfatório.

Como já relatado, antes de aplicarmos o teste de retenção, fizemos uma pesquisa de opinião para sondar como os alunos avaliavam o material que havia sido aplicado no ano anterior. Ao perguntarmos sobre qual atividade eles preferiram obtivemos as respostas sintetizadas na figura 13.

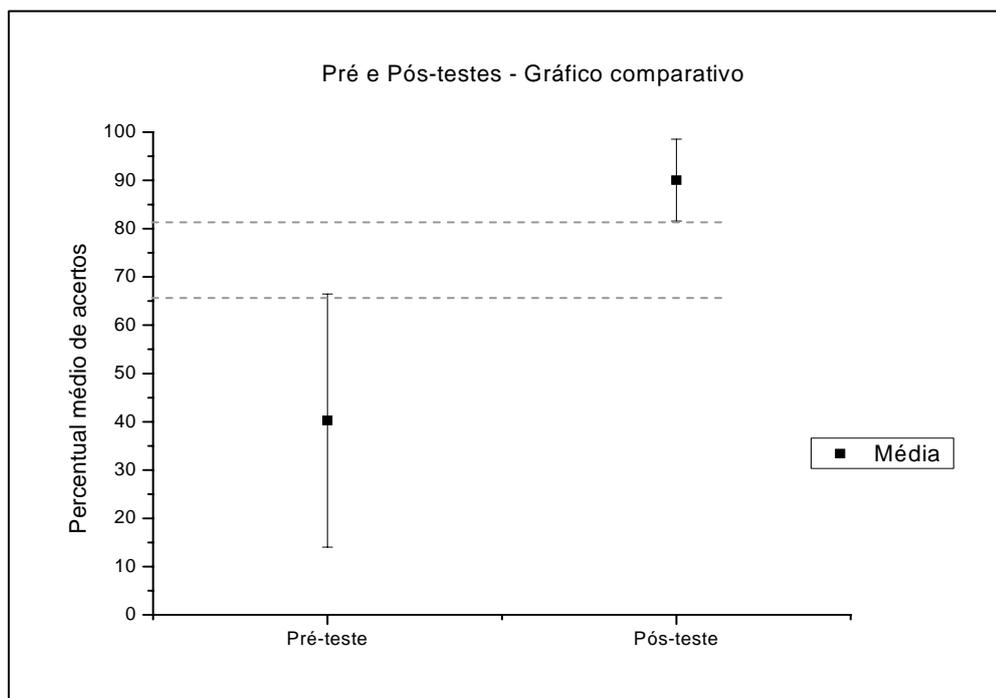


Figura 12 – Gráfico comparativo entre pré e pós-teste, com barras de erro. Percentual médio geral de acertos.

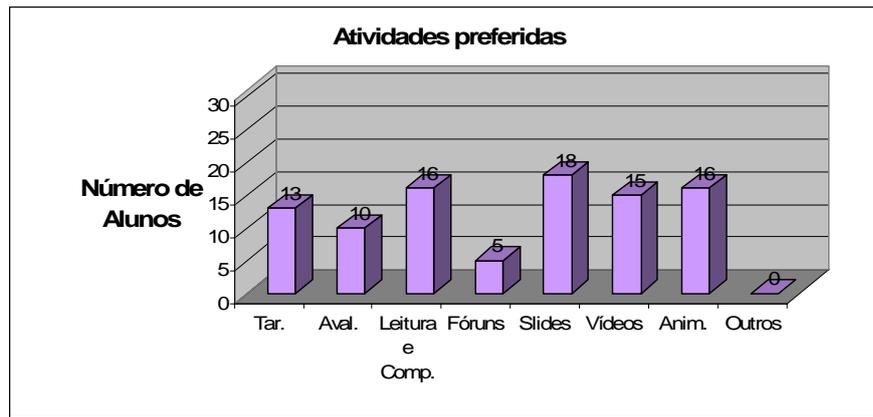


Figura 13 – Preferência dos alunos com relação às atividades e materiais utilizados.

Acreditamos que os *slides* aparecem em primeiro lugar porque sempre foram apresentados acompanhados pela explicação da professora, o que provavelmente os fazia parecer mais compreensíveis. Além disso, durante as aulas com *slides*, havia uma boa interação e diálogo entre a turma e a professora, o que os fazia participar mais do processo, fato que citaram como positivo nos depoimentos. Já as animações e atividades de leitura e compreensão, que aparecem em segundo lugar, provavelmente foram escolhidas por serem de alta potencialidade significativa, dado que foram meticulosamente elaboradas para funcionarem como material potencialmente significativo. Ou seja, acreditamos que elas foram escolhidas pelos alunos porque, a partir do seu uso, mostravam-se facilitadoras da compreensão do conteúdo abordado, como comentado por alguns deles na hora em que as estavam utilizando.

Os fóruns foram os menos votados. Realmente foi a atividade menos desenvolvida pelos alunos durante a aplicação do tratamento. Apesar do enorme potencial que tem este instrumento, os alunos dessa faixa etária, moldados em um paradigma de aprendizagem muito receptivo e pouco participativo, parecem não conseguir, ainda, compartilhar conhecimento e aprender em nível satisfatório utilizando um fórum. Quer dizer, estes alunos ainda não devem ter tido a oportunidade de aprender por trocas, por busca mais aprofundada das próprias questões e das dos colegas. Normalmente, acreditamos, esse tipo de processo de aprendizagem exige uma postura que se estabelece melhor à medida que o sujeito amadurece mais.

Outro ponto que sondamos foi se os alunos consideraram o uso do material estimulante à aprendizagem de Física. Em sua maioria a resposta foi positiva, como indica a figura 14.

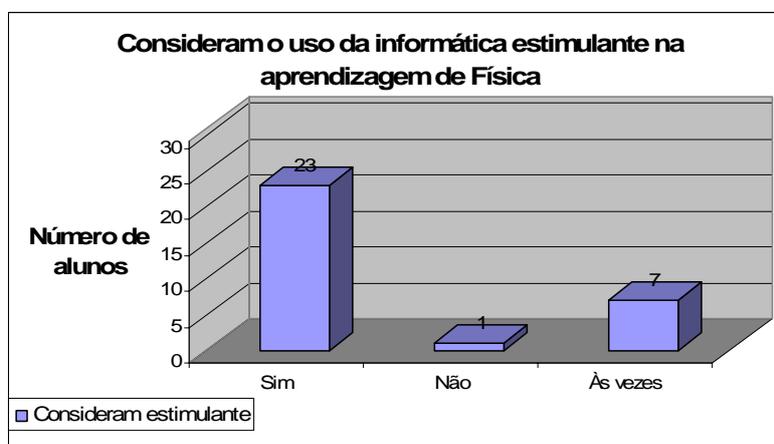


Figura 14 – Avaliação do uso da informática como estimulante ou não para o estudo de Física.

O fato de os alunos terem mostrado essa postura pode ter sido relevante para a facilitação da aprendizagem significativa, dado que quando o aluno se envolve com o material e se interessa de fato pelo assunto, ele fica propenso a relacionar este conteúdo de maneira significativa com os elementos já existentes em sua estrutura cognitiva. Como foi dito no referencial teórico, a predisposição para aprender é uma das condições da aprendizagem significativa.

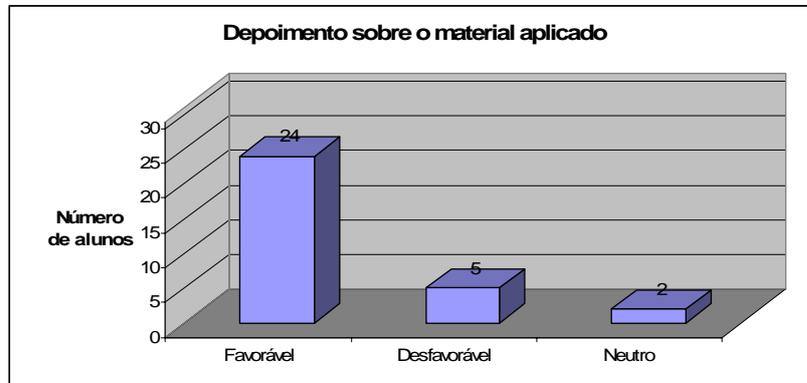


Figura 15 – Depoimentos sobre a aplicação do tratamento.

A última questão dessa pesquisa de opinião solicitava do aluno um breve depoimento sobre o material aplicado. Esses depoimentos foram classificados em favoráveis, desfavoráveis e neutros. A figura 15 nos mostra que a grande maioria das respostas foi favorável à aplicação do material, sendo que muito alunos comentaram que aprenderam mais com essa metodologia. Nas respostas desfavoráveis, os alunos normalmente alegam que a aplicação do material foi confusa e que havia um volume grande de atividades a serem cumpridas no ambiente, o que lhes fez realizar atividades de maneira aleatória e sem prestar a devida atenção.

A figura 16 mostra os resultados do teste de retenção comparados aos dos demais testes. É importante notar que nem todas as questões do pré e pós-teste apareceram no teste de retenção. Com relação aos resultados do teste de retenção, o primeiro fato a ser comentado é o de que em nenhuma das questões os alunos tiveram rendimento menor ou igual ao obtido na situação prévia ao tratamento, o que está dentro do esperado.

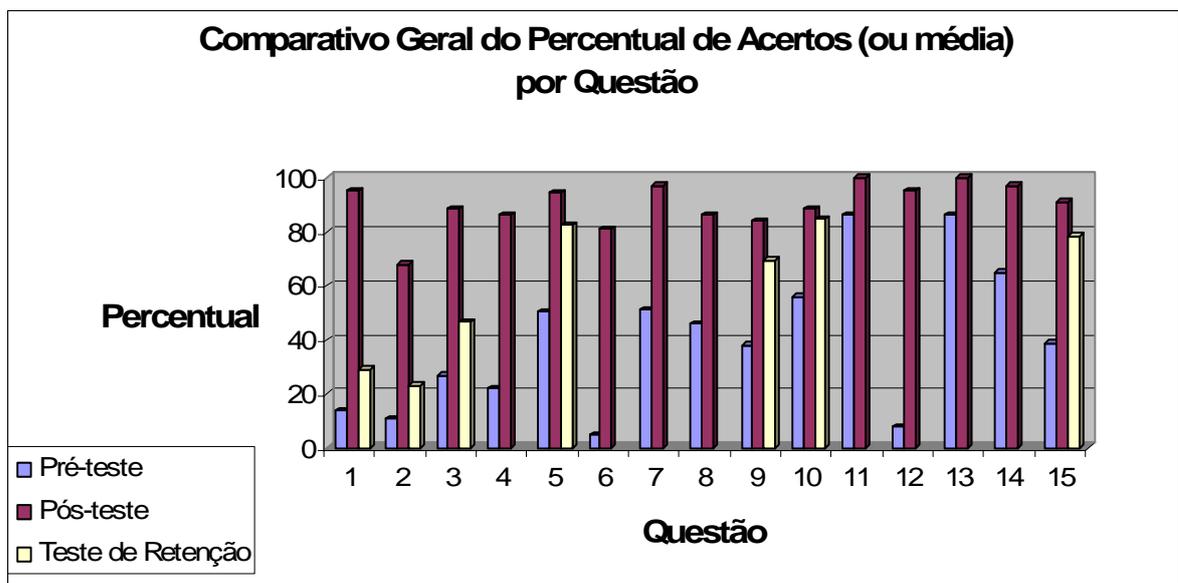


Figura 16 – Gráfico comparativo entre pré, pós-teste e teste de retenção.

As duas primeiras questões representadas na figura 16 chamam a atenção porque tiveram um resultado baixo no pré-teste, um resultado de médio a alto no pós-teste e um resultado novamente baixo no teste de retenção. Essas questões tratam sobre o princípio da conservação da quantidade de movimento e do fator que pode alterar a quantidade de movimento de um sistema, respectivamente. Isso nos sugere que estes pontos ficaram claros para o aluno logo após o tratamento, mas que a aprendizagem deles pode não ter atingido um nível satisfatório tal como outros pontos do conteúdo atingiram. Devido ao fato de estes conteúdos serem menos empíricos, e mais dependentes do acesso ao ensino formal, estima-se que os laços que ancoraram estes conhecimentos na estrutura cognitiva dos sujeitos devem ter se estabelecido com menor intensidade do que aqueles que ancoram conhecimentos mais antigos e mais relacionados ao cotidiano e ao saber do sendo comum. Até por uma questão cronológica, essas conexões mais novas podem ser mais frágeis que as mais antigas. Além disso, há também o fator frequência de uso. Sabemos que conhecimentos utilizados com maior frequência por um sujeito têm maior chance de se estabelecer e de solidificar a ancoragem na estrutura cognitiva. Apesar disso, é importante nos questionarmos sobre esse resultado, no sentido do que seria possível fazer para que essa ancoragem fosse mais efetiva, garantindo a duração a longo prazo da aprendizagem significativa, ou seja, aumentando a retenção. Cabe ainda comentar que a conceitualização é um processo muitas vezes lento, com continuidades e rupturas. Um conceito como quantidade de movimento não tem nada de trivial e sua construção pode levar muito mais tempo do que um semestre letivo.

As questões 5, 9 10 e 15, por outro lado, sugerem um nível de retenção bem maior no conteúdo que abordaram. Assim, os alunos, em média, retiveram muito mais:

- as convenções que foram feitas em relação à representação das grandezas físicas envolvidas no estudo das colisões;
- o conceito de impulso e as grandezas físicas que o influenciam;
- os fatores relevantes ao se estudar o instante da colisão (o que acontece durante a colisão);
- o sistema de classificação das colisões por meio do coeficiente de restituição (e).

O teste de retenção evidencia que houve melhores resultados e aprendizagem significativa mais evidente em algumas áreas do conteúdo abordado que em outras. É importante ressaltar que a lição 4, justamente a que abordava o princípio da conservação da quantidade de movimento foi a que teve menor índice de entrega de tarefas e de participação nas atividades do ambiente virtual. Este fato nos faz acreditar que a participação nas atividades do ambiente virtual e a realização das tarefas de casa foram muito importantes no processo de aprendizagem desses alunos.

Conclusão

Durante a aplicação do material percebemos, por parte dos alunos, uma boa receptividade com relação às aulas baseadas nas apresentações de *slides*. Houve uma interação muito maior nessas aulas do que nas tradicionais, não só entre a professora e a turma, mas entre os alunos entre si, e entre os alunos e o conteúdo. Percebemos, nessas ocasiões, que os alunos se envolviam mais, especialmente nos momentos em que alguma situação mais familiar, ligada ao seu cotidiano, era abordada. Em tais momentos, os alunos eram capazes de argumentar, discutir e desenvolver reflexões acerca do comportamento das principais grandezas físicas envolvidas no contexto, em nível sensivelmente diferente de quando se utilizava uma aula mais tradicional, mais expositiva, naquele modelo com o qual os alunos estavam acostumados, com pouca interação entre professor, aluno, material e conteúdo. Sabemos que, de acordo com Ausubel, esse é um fator preponderante para a ocorrência da aprendizagem significativa. A pré-disposição do aluno, traduzida em interesse e envolvimento com o conteúdo a ser aprendido, aliada a um material potencialmente significativo,

como o que procuramos desenvolver, são dois fatores necessários à ocorrência desse tipo de aprendizagem.

Por outro lado, a interação entre alunos, ou entre alunos e a professora, já não foi uma característica marcante do trabalho realizado no ambiente virtual de aprendizagem, como seria de se esperar. Nesse caso, a interação ocorreu intensamente entre aluno e material. Utilizando o ambiente virtual, os alunos tiveram a oportunidade de ver e rever os *slides*, as animações, e de fazer e refazer as tarefas, as avaliações e as atividades de leitura e compreensão. Essas últimas, assim como as aulas em *slides*, cuidadosamente elaboradas para atuarem como material potencialmente significativo, se mostraram bastante eficazes nessa tarefa. Segundo os próprios alunos, aqueles que as realizaram com afinco e atenção tiveram um rendimento acima do que costumavam ter e sentiram que aprenderam mais do que de costume, os conteúdos nelas abordados. As tarefas também se configuraram como atividades muito frutíferas. Praticamente todos os alunos tiveram uma evolução no rendimento qualitativo dessas tarefas, do começo para o fim do tratamento. Ao final do estudo eles já eram capazes de explicitar significados dos novos conhecimentos, o que, acreditamos, caracteriza aprendizagem significativa. O que percebemos na prática, foi um domínio maior das situações problemáticas, no sentido de explorarem os fenômenos de forma mais ampla, de interpretarem melhor o que estava ocorrendo, em termos físicos, de identificarem as grandezas e de mostrarem habilidade em resolver estas situações, aplicando o tratamento matemático adequado a ela.

A aplicação das apresentações de slides e de atividades para um ambiente virtual de aprendizagem, com o propósito de constituir um material potencialmente significativo gerou resultados satisfatórios, especialmente na aprendizagem de aspectos conceituais. Essa construção deve ser cuidadosamente planejada em seus mínimos detalhes, para que a seqüência dos tópicos, idéias, conceitos e proposições seja apropriada, a fim de facilitar a incorporação à estrutura cognitiva dos alunos. Elementos como animações e simulações são muito úteis na composição desse tipo de material, pois auxiliam o aprendiz a compreender determinadas situações físicas, explicitando sempre uma seqüência de causas e conseqüências facilitando, assim, a compreensão de proposições do tipo “se... então”. Acreditamos que o ponto de partida para elaboração de materiais como esse, seja apresentar aos alunos situações familiares e buscar interagir/dialogar com eles, propiciando uma postura investigativa, arrolando aspectos importantes nessas situações para, então, conduzi-los à percepção do novo conhecimento como algo natural. Acreditamos, em função dos nossos resultados, que, dessa maneira, é mais fácil para o aluno se apropriar dos novos conhecimentos. Assim, na construção de um material potencialmente significativo devemos sempre buscar fazer com que o conhecimento fique o mais próximo possível do conhecimento que o aluno já tem, aquele conhecimento prévio relevante para ancorar o novo conhecimento, ou seja, que esteja adequado para ancorar-se nos seus subsunçores. Devemos procurar mais e diferentes maneiras para promover essa interação do novo conhecimento com os subsunçores pertinentes, especialmente quando o nível de complexidade do conteúdo aumenta em função do tratamento matemático que subjaz determinados conteúdos.

Consideramos que cada conteúdo específico oferece diferentes maneiras de viabilizar essa interação, não havendo uma “receita” comum para que se construa um material que se configure como potencialmente significativo. Na verdade, iniciamos aqui uma tarefa que deve ser continuada e aprofundada, em outros conteúdos, mas que promete muitos frutos, dado o resultado obtido após a aplicação desse material. É necessário, ainda, reforçar que o papel do professor, quando do uso desse tipo de material, é de suma importância. O professor deve conduzir a aula com uma postura investigativa, sempre levando os alunos a desenvolverem análises, relações e previsões antes de mostrar os resultados e a formulação das relações estabelecidas entre certos elementos. Assim, apesar de estarmos defendendo a construção e o uso de materiais potencialmente significativos, especialmente aqueles que contam com o apoio das tecnologias da informação e comunicação,

ressaltamos que o papel do professor, no uso desses materiais é importantíssimo para que os alunos possam aprender significativamente através deles. Aliás, na perspectiva de Gowin (1981) a aprendizagem significativa resulta de uma relação triádica entre aluno, professor e materiais educativos, cujo objetivo é compartilhar significados.

Referências

Campbell, D. y Stanley, J. (1991). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu Editores.

Gowin, D.B. *Educating*. Uthaca, N.Y.: Cornell University Press.

Moreira, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. Primeira Edição. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1999a.

Moreira, M. A. *Aprendizagem Significativa*. Primeira Edição. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999b.

Vergnaud, G. (1990). La théorie dès champs conceptuels. *Récherches en Didactique des Mathématiques*, 10(23): 133-170.

Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Recebido em: 16/06/09

Aceito em: 08/09/09