



Mapas conceituais como instrumento de avaliação e aprendizagem de conceitos físicos sobre mecânica do voo

Concept maps as instruments of evaluation and learning of flight mechanics' physical concepts

Renata Lacerda Caldas Martins

Universidade Estadual Norte Fluminense – UENF/LCFIS
rcaldas@uenf.br

Marília Paixão Linhares

Universidade Estadual Norte Fluminense – UENF/LCFIS
paixaoli@uenf.br

Ernesto Macedo Reis

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia –
IFET-CAMPOS
ereis@cefetcampos.br

Resumo

Este trabalho apresenta resultados de uma investigação sobre mapas conceituais como instrumento de avaliação e aprendizagem de conceitos físicos segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa. Com o apoio de um ambiente virtual adotou-se o Estudo de Caso “A Mecânica do Voo de Aviões” como estratégia didática para uma disciplina do Curso de Licenciatura em Física e outra do Ensino Médio. Em cada mapa elaborado pelos alunos as ligações entre os conceitos físicos forneceram elementos para uma avaliação qualitativa. No Ensino Médio, em cada ligação (cerca de 65%), os alunos demonstravam a compreensão sobre o voo do avião. Na Licenciatura, os mapas demonstraram também que os futuros professores sentem-se inseguros em organizar suas idéias acerca do tema (60% relacionadas), e ainda, que algumas concepções errôneas são resistentes e permanecem

retidas na estrutura cognitiva, mesmo após os estudos realizados. Apesar da persistência de erros conceituais pode-se observar uma melhor compreensão do tema.

Palavras-chave: Teoria da Aprendizagem Significativa, mapas conceituais, ensino de Física.

Abstract

This paper presents a piece of research about concept maps as a tool for learning and evaluation of physical concepts, according to Theory of Meaningful Learning. The study about the mechanics of flight of airplanes was conducted in a Brazilian high school physics class and in a physics teacher education course. The connections between physical concepts in the maps made by students provide elements to a qualitative assessment. High school students did their maps using connections between 65% of the physical concepts available, showing understanding of the mechanics of flight. The future teachers showed uncertainty to explore their own ideas related to the mechanics of flight when they developed their maps with only 60% of the connections between concepts available. Besides that, some erroneous conceptions are resistant and remain restrained in the cognitive structure even after the studies. Despite of the persistence of conceptual error it was observed a better understanding of the flight mechanics in both the groups.

Keywords: Theory of Meaningful Learning, concept maps, teaching of physics.

Introdução

Estudos sobre estratégias de aprendizagem apoiados em teorias ou modelos propostos Ausubel et. al. (1980), Novak (1981), Gowin (1981) e Johnson-Laird (1983) ganharam destaque na literatura nas últimas décadas. Mais recentemente, os trabalhos de Moreira (1997, 1999 e 2006) têm contribuído para o desenvolvimento de estratégias cognitivas com foco no ensino e na avaliação da aprendizagem.

Atualmente, com a ênfase voltada à formação de competências e habilidades do aluno, que deve ser capaz de resolver problemas e contextualizar o que aprende, não só a aprendizagem, mas a avaliação aprendizagem passa a fazer parte do processo de formação do aprendiz, transpondo a idéia de simples verificação quantitativa (MEC, 2002).

Entendemos que a aprendizagem da Física deve ser útil não só para o aluno entender os fenômenos naturais ou simplesmente conseguir ao final do curso um diploma de apto, mas deve principalmente ter o papel motivador na busca de conhecimento que facilite a compreensão de fenômenos universais que rodeiam a escola e o aluno.

O ensino de Física vem deixando de se concentrar na simples memorização de fórmulas ou repetição automatizada de procedimentos, em situações artificiais ou extremamente abstratas, ganhando consciência de que é preciso lhe dar um significado, explicitando seu sentido já no momento do aprendizado, na própria escola média (MEC/PCN+, 2002, p. 60).

Também acreditamos que a avaliação deve funcionar como o “termômetro” dessa aprendizagem, uma vez que por ela são apontados os alunos que aprendem e os que não conseguem aprender. Para esses últimos, há de se descobrir suas deficiências e reavaliá-los, como afirma Soares e Brooke (2008):

A avaliação em vez de olhar apenas para a média, precisa apontar quais são os alunos que estão aprendendo e quais estão tendo dificuldades para poder então questionar o diretor sobre o que será feito para melhorar a nota desses estudantes. Depois, é preciso voltar a avaliá-los para saber o que aconteceu. (2008, p.4)

Segundo Lemos (2005), uma avaliação deve permear todo o processo de ensino e estar voltada para a identificação de evidências de aprendizagem significativa. Nessa perspectiva, caminhos como os apresentados pela teoria de Novak (1981), apontam para a utilização de estratégias cognitivas para se avaliar a aprendizagem e têm motivado nossas pesquisas.

Ausubel et. al. (1980) propõe uma explicação teórica para o processo de aprendizagem, segundo o ponto de vista cognitivista. Para ele, aprendizagem significa organização e integração do material na estrutura cognitiva. É a estrutura cognitiva entendida como o conteúdo total de idéias de certo indivíduo e sua organização, ou seja, o complexo resultante dos processos por meio dos quais se adquire e utiliza o conhecimento.

A teoria de Novak (1981, 1997) nos dá subsídios para avaliar a aprendizagem do aluno por meio da elaboração de mapas conceituais, os quais exteriorizam num dado momento o conhecimento do aluno retido em sua estrutura cognitiva.

Segundo Moreira (1999), por meio dos mapas conceituais são demonstradas relações hierárquicas significativas entre conceitos presentes no conteúdo de uma aula, de uma unidade ou de um curso inteiro. E como instrumento de avaliação os mapas conceituais são úteis para investigar mudanças na estrutura cognitiva dos alunos durante a instrução, podendo fornecer informações que podem servir de *feedback* para o ensino e o currículo (MOREIRA e BUCHWEITZ, 1993).

Foi com esse enfoque que Moreira (1977) desenvolveu suas primeiras pesquisas ao realizar um estudo durante o qual o mesmo conteúdo foi apresentado a diferentes grupos de estudantes sob duas perspectivas: uma baseada na teoria de Ausubel e outra a tradicionalmente encontrada nos livros de texto. Após sua análise Moreira (1977) conclui que as diferentes maneiras de se organizar os conceitos nos mapas elaborados pelos alunos sobre um mesmo tema sugerem maneiras diferenciadas de organização do conteúdo cognitivo nessa área, e não que um aluno esteja certo e o outro errado. O que, segundo ele, é justamente isso que se procura quando se utilizam os mapas conceituais como instrumento de avaliação da aprendizagem.

Em um estudo posterior Moreira e Buchweitz (1993 *apud* AHUMADA, 1983; MOREIRA AHUMADA, 1983) utiliza os mapas conceituais como instrumentos de avaliação num curso de Física Geral. Ao longo do curso os alunos eram solicitados a construir mapas conceituais em três oportunidades, durante as quais eram também entrevistados pelo professor a fim de explicar seus mapas.

Ao analisarem os mapas elaborados por um mesmo aluno nas três oportunidades, os autores verificaram, de uma forma geral, uma organização vertical que reflete claramente a

ordem de apresentação dos conceitos no livro de texto. Os três mapas apresentavam a mesma estrutura, diferindo apenas no número de conceitos que envolviam. Isto demonstra segundo Moreira (1993) uma forte influência do material instrutivo sobre a estrutura cognitiva do aluno.

Já no estudo realizado por Moreira e Gobara (1983) os mapas conceituais foram utilizados como instrumentos de ensino e avaliação. Entretanto, os alunos antes de construírem os seus próprios mapas tiveram contado com mapas conceituais elaborados pelo professor, com finalidades instrutivas. Como parte de suas conclusões, os autores enfatizam as potencialidades do uso de mapas conceituais como instrumento de avaliação.

Moreira (1993) também apresenta exemplos de utilização de mapas conceituais como instrumentos de avaliação em outras áreas de conhecimento, como poesia ou romance. Analisando os mapas conceituais traçados por alunos de um curso de Literatura Americana como tarefas integrantes da avaliação da aprendizagem no curso, verifica por meio das ligações estabelecidas como os alunos perceberam conceitualmente o romance em questão (MOREIRA E MASINI, 1982).

Conceição e Valadares (2002) fizeram um estudo de reflexão-ação onde avaliaram a aprendizagem dos conceitos mecânicos por alunos do 9º ano de escolaridade. Num processo que chamaram de “negociação das idéias” os autores avaliaram a aprendizagem interativamente “*évaluation formatrice*”, enquanto seus alunos elaboravam e apresentavam seus mapas em várias oportunidades, ou seja, progressivamente. Verificaram conclusivamente que, em média, 80 % dos alunos entenderam que a estratégia centrada na utilização de mapas de conceitos valoriza a relação professor - aluno, melhora a sua atitude perante a Física e também a sua atenção nas aulas.

Um estudo com mapas conceituais como instrumento de avaliação aplicado a alunos do curso de Licenciatura em Física na disciplina Estrutura da Matéria I e II da Faculdade de Ciências/Unesp/Bauru foi desenvolvido por Almeida, Souza e Urenda (2004). Utilizando-se dos critérios classificatórios propostos por Novak (1996) para a construção de uma escala de pontuação, que serviu como referência para análise qualitativa e quantitativa dos mapas conceituais elaborados pelos alunos pesquisados, esses autores concluíram após avaliação dos mapas: a metade dos alunos não alcançou as representações conceituais para o efeito fotoelétrico e; a outra metade conseguiu assimilar o conteúdo de modo significativo. Isso pode ser verificado pela organização e estruturação das relações conceituais nos mapas elaborados.

Como vemos, uma gama de pesquisas têm sido desenvolvidas com mapas conceituais como instrumento de avaliação da aprendizagem. No presente estudo, em particular, os mapas conceituais serão utilizados como estratégia para demonstrar o conhecimento de um grupo de alunos, público alvo desta pesquisa, sobre a mecânica do voo.

Nessa perspectiva então, o objetivo deste trabalho será utilizar os mapas conceituais como instrumento de avaliação da aprendizagem de alunos do Ensino Médio e da Licenciatura em Física, e verificar a potencialidade dos mapas como um facilitador da aprendizagem no processo de elaboração. Para apoiar as ações presenciais da sala de aula durante a experiência didática foi utilizado um ambiente virtual denominado Espaço Virtual de Aprendizagem (EVA) desenvolvido por Reis e Linhares (2003).

A metodologia adotada na proposta didática é de aprendizagem baseada em casos (REIS, 2008). Tão antigo quanto contar histórias, os casos são utilizados no ensino como narrativas sobre indivíduos enfrentando decisões. Na aplicação deste método o aluno é incentivado a se familiarizar com personagens e circunstâncias mencionados em um caso, de modo a compreender o problema com o intuito de solucioná-lo. Cursos como Medicina e Direito têm utilizado o método com o objetivo de despertar a atenção do estudante e aproximá-lo da realidade prática de sua área. Neste contexto, o papel principal do professor consiste em ajudar o aprendiz a trabalhar com os fatos e a análise de uma situação, aprender a ver o problema e a considerar, então, as possíveis soluções.

O ambiente virtual de aprendizagem que apóia a proposta didática é um conjunto de ferramentas virtuais de comunicação que enfatizam a construção do conhecimento e são direcionados às diversidades e individualidades dos estudantes. Os casos propostos apresentam questões que devem ser analisadas seguindo um processo em que os estudantes expõem suas concepções iniciais e em seguida aprofundam seus conhecimentos com leituras e discussões até apresentar uma solução final. Cada etapa é comentada pelo professor no ambiente virtual.

O desenvolvimento e a análise da estratégia didática, apoiada no ambiente virtual EVA, é parte de um projeto de pesquisa voltado a inovações curriculares no ensino de ciências, em andamento na Universidade Estadual Norte Fluminense Darcy Ribeiro e no Cefet-Campos e que contempla duas vertentes: o ensino de ciências no Ensino Médio e a formação do professor de ciências.

Os mapas conceituais analisados neste artigo foram utilizados como instrumento de avaliação da aprendizagem de estudantes que participaram do estudo sobre o tema “Mecânica do Vôo de Aviões”. A escolha do tema deve-se a sua relevância conceitual e a comemoração do ano centenário do vôo do 14-Bis, quando se produziu vasta quantidade de material de divulgação.

A atividade de avaliação realizada em dois encontros permitiu aos alunos refletir sobre a apreensão dos conceitos físicos estudados e conhecer uma nova estratégia que pode vir a contribuir com aprendizagens futuras. Em cada um dos dois encontros os alunos foram incentivados à elaboração de um mapa conceitual que refletisse seu conhecimento sobre o tema. A análise dos mapas conceituais permitiu observar a progressão conceitual dos participantes atribuída à metodologia adotada no desenvolvimento da proposta didática.

Durante a elaboração do mapa conceitual o aluno tinha a oportunidade de exteriorizar seu conhecimento sobre o assunto. Nossa hipótese foi a de que o aluno demonstraria sua aprendizagem por meio das relações estabelecidas nos mapas conceituais, aprendizagem esta adquirida ao buscar soluções para a questão proposta no estudo de caso, isto é, uma explicação para o vôo do objeto mais pesado que o ar (REIS, 2008, p. 141).

Dois princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1980) nortearam a análise dos mapas conceituais: diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. A teoria pressupõe que a organização do conteúdo na mente do indivíduo é uma estrutura hierárquica, onde ideias mais inclusivas ficam no topo e ideias menos inclusivas em níveis hierárquicos inferiores. Estes princípios sustentam a Teoria de Educação de Novak (1981) ao afirmar que os mapas conceituais são representações concisas das estruturas conceituais e podem ser usados para ilustrar a estrutura conceitual de um corpo de conhecimento.

Neste trabalho apresentamos os resultados de nossa investigação sobre as contribuições dos mapas conceituais para a avaliação da aprendizagem dos conceitos físicos sobre a mecânica do voo, e sua potencialidade como facilitadores da aprendizagem durante o processo de elaboração, que foi parte integrante da sequência didática apresentada no formato de um estudo de caso, discutido com apoio do ambiente virtual EVA.

Referencial Teórico

A estratégia de mapas conceituais proposta por Novak (1981) tem sua origem na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel et. al. (1980) e enfatiza conceitos e relações entre conceitos à luz dos princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa. Como já dissemos, para Moreira e Buchweitz (1993) essa estratégia pode ser usada como recurso didático, de avaliação e de análise de currículo.

As pesquisas de Ausubel et. al. (1980) e Novak (1981) focalizam o processo que envolve a aprendizagem significativa, onde uma nova informação (novo conhecimento) se relaciona de maneira não-arbitrária e substantiva a um conceito já existente na estrutura cognitiva do aprendiz. Em outras palavras, algum conceito ou proposição existente na estrutura cognitiva do aprendiz, o qual já lhe é significativo, interage com uma informação nova. Nesta interação, o conhecimento existente na estrutura cognitiva modifica-se pela aquisição de novos significados alcançando a aprendizagem significativa.

Para Moreira (1999), a aprendizagem significativa é um conceito chave da teoria de Novak (1981) e por isso sua teoria abrange a teoria da aprendizagem significativa e a facilitação desta aprendizagem por meio da estratégia instrucional de mapeamento conceitual.

Novak e seus colaboradores (1981) encontraram excelentes resultados sobre a utilização de mapas conceituais como estratégia facilitadora que enfatiza conceitos e relações entre conceitos, à luz dos princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa. Entretanto, como já citamos, muitas pesquisas (NOVAK, 1997; MOREIRA, 1977; AHUMADA, 1983; MOREIRA e AHUMADA, 1983; MOREIRA e GOBARA, 1983; MOREIRA e MASINI, 1982; ALMEIDA, SOUZA e URENDA, 2004; CONCEIÇÃO e VALADARES, 2002) têm sido desenvolvidas utilizando os mapas conceituais como estratégia de avaliação da aprendizagem.

O uso dessa estratégia busca identificar na estrutura cognitiva do aluno, a organização e a estruturação dos conceitos da matéria de ensino, ou seja, tenta facilitar o processo de organização e estruturação das idéias ou conceitos ensinados. É por esse motivo em especial que se constitui numa estratégia eficaz de avaliação. É uma estratégia de análise que pode ser usada para ilustrar a estrutura conceitual de um corpo de conhecimento. São definidas por Moreira e Buchweitz (1987) como diagramas hierárquicos que indicam os conceitos e as relações entre esses conceitos, os quais procuram refletir a organização conceitual de uma disciplina ou parte de uma disciplina, de um livro, de um artigo, enfim, da estrutura cognitiva de um indivíduo sobre uma dada fonte de conhecimento.

A construção de mapas conceituais é um processo bastante flexível e não existem regras fixas a serem seguidas segundo Buchweitz (1984). Esse autor sugere passos para a elaboração de um mapa conceitual: inicia-se com a localização e listagem dos conceitos, depois distribuem-se os conceitos em duas dimensões traçando as linhas que estabelecerão as relações e a natureza das relações entre os conceitos e, finalmente, faz-se a revisão e a

reconstrução final do mapa. É ainda possível, eventualmente, inserir equações, exemplos, teorias e outros a fim de aprimorar ou facilitar sua interpretação. Novak e Gowin (1996) sugerem uma seqüência de passos para a elaboração dos mapas conceituais:

- i. Inicialmente os alunos são incentivados a identificar alguns conceitos gerais e outros específicos relacionados a um texto, conteúdo ou experimento escolhido pelo professor;
- ii. Os conceitos principais poderão ser listados com a participação dos alunos e transferidos para o quadro;
- iii. De posse de uma lista de conceitos, providencia-se o rearranjo conceitual ordenado de cima para baixo, isto é, da maior à menor generalidade e inclusividade;
- iv. A partir desse rearranjo, monta-se o mapa com os conceitos ordenados e com a ajuda dos alunos organizam-se as ligações;
- v. Ao final da elaboração do mapa, pode-se sugerir a possibilidade de se refazer o mapa a fim de melhorar sua compreensão;
- vi. Uma possível pontuação pode ser atribuída ao mapa elaborado conjuntamente, baseada nos valores sugeridos por Novak (1981);
- vii. Após essa exemplificação realizada em conjunto, pode-se sugerir que os alunos elaborem seus próprios mapas conceituais;
- viii. Deve-se programar o tempo para que cada aluno apresente seu mapa para o restante da turma.

Moreira (1999) afirma que os mapas conceituais mostraram ser uma estratégia facilitadora que enfatiza conceitos e relações entre conceitos à luz de princípios da diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Para ele, os mapas conceituais podem ser utilizados como recursos em todas as etapas da aprendizagem significativa, isto é, no ensino, na aprendizagem e na obtenção de evidências dessa aprendizagem, ou seja, na avaliação da aprendizagem (MOREIRA, 1997).

Neste aspecto o uso de estratégias que facilitam a aprendizagem funcionaria como reforço à disposição do aluno em aprender. Uma vez que para explicitar a aprendizagem significativa segundo a teoria de Ausubel (1980), não basta somente que o material de aprendizagem seja potencialmente significativo, i.e., relacionável de forma não-arbitrária e substantiva à estrutura cognitiva, mas que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar significativamente o novo material à estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999).

Como já explicitado, nossa inserção por meio da utilização dos mapas conceituais como estratégia de avaliação procedeu-se de forma integrada, em meio ao ensino desenvolvido por Reis e Linhares (2003) e Reis (2008) em um ambiente virtual de aprendizagem denominado Espaço Virtual de Aprendizagem - EVA. Neste ambiente construtivista de aprendizagem são enfatizadas ferramentas de construção e a possibilidade de interação do estudante com a realidade, permitindo a seleção de informações e o gerenciamento das tarefas de aprendizagem. Os alunos são acompanhados pelo professor e por tutores e são motivados à aprendizagem por meio da discussão de soluções para casos específicos que abordavam conceitos físicos.

Metodologia

O estudo foi desenvolvido com uma turma de 36 alunos do primeiro ano do segundo grau, turno vespertino do Centro de Ensino Federal e Tecnológico - CEFET e com uma turma de 16 alunos do curso de Licenciatura em Física da Universidade Norte Fluminense Darcy Ribeiro, ambas as instituições na cidade de Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro.

Os mapas conceituais foram o principal instrumento para coleta de dados da pesquisa, complementados com as observações de sala de aula da professora/pesquisadora, durante os encontros com os alunos. Para elaboração dos mapas conceituais com os alunos procurou-se atender aos três princípios: integração, reconciliação e diferenciação de significados e conceitos, relacionados a três fases distintas da atividade didática.

A elaboração dos mapas conceituais

Como já mencionamos, segundo Moreira (1999), os mapas conceituais podem ser usados para dar uma visão geral do tema em estudo de modo a permitir a integração, reconciliação e diferenciação de significados e conceitos.

Nessa perspectiva a atividade de elaboração de um mapa conceitual por cada grupo de alunos se processa em três fases: sugestão, hierarquização e diferenciação dos conceitos.

A sugestão dos conceitos é um acontecimento de extrema importância. São valorizadas as idéias dos alunos, estando elas relacionadas diretamente com o tema trabalhado ou não. A pertinência do conceito sugerido deve ser discutida entre os alunos e o professor a fim de que se desenvolva uma idéia válida. É o momento dos alunos exteriorizarem seu conhecimento sobre o tema e terem a oportunidade de discordar ou concordar com as idéias dos colegas.

A fase de hierarquização é o momento cognitivo que se generaliza ou se especifica o conceito. Por exemplo, o que o aluno considera mais geral e abrangente ocupa o primeiro nível do mapa. E à medida que são especificadas, as idéias vão ocupando níveis verticalmente inferiores. Cada nível representa quão abrangente ou específico será um conceito.

Na diferenciação dos conceitos atribui-se importância à maneira de relacionar cada conceito hierarquizado, ou seja, quais conceitos poderão ser ligados por afinidade, relevância, pertinência ou não. Um conceito pode ser relacionado num mesmo nível hierárquico com outro conceito ou com conceitos em diferentes níveis hierárquicos. Como por exemplo, o conceito de força pode relacionar-se num mesmo nível aos conceitos de força gravitacional e força elétrica e ao mesmo tempo relacionar-se com o conceito de massa e aceleração que estão em um nível hierárquico inferior por serem mais específicos.

Planejamento e Pesquisa

Turma do Ensino Médio

Foram planejados dois encontros com uma turma de 36 alunos. No primeiro, até a metade da aula, seriam trabalhadas as definições, aplicações e os exemplos acerca de mapas conceituais e, na metade final, elaborado um mapa conceitual sobre o tema violência com a participação dos alunos. Optamos pela escolha de um tema diferente da Física para deixar

claro de que não se tratava da aprendizagem de mais um conteúdo de Física, mas de aprender a elaborar um mapa.

O segundo encontro aconteceu após a realização do estudo de caso sobre a mecânica do voo do avião, com o professor da turma, e a familiarização com a construção de mapas conceituais. Os alunos divididos em grupos menores (num total de 11 grupos) foram submetidos a dois momentos de elaboração dos mapas: o momento espontâneo e o momento direcionado.

No momento espontâneo (na primeira metade da aula), os alunos apresentaram numa folha de papel em branco as primeiras idéias sobre o tema por meio da elaboração de um mapa conceitual espontâneo, ou seja, sem a interferência do professor. Os conceitos adquiridos durante o estudo sobre o voo dos aviões foram espontaneamente relacionados, hierarquizados e diferenciados pelos alunos. O mapa da Figura 1 (Anexo) exemplifica esse momento.

O momento direcionado ocorreu com a distribuição de 21 conceitos sobre a mecânica do voo, que baseados no texto “Como os Aviões Voam: Uma Descrição Física do Voo”, de Anderson e Eberhardt (2006), foram impressos em figuras retangulares para serem estruturados em um mapa conceitual. O termo direcionado indica que os alunos recebem uma “direção” conceitual para a elaboração do mapa. Contudo, eles não são obrigados a utilizarem todos os conceitos sugeridos e têm a liberdade de inserir quaisquer conceitos novos. Este momento ocupa a segunda metade da aula, onde ao final todos os mapas elaborados foram recolhidos pelo professor e expostos no quadro para apresentação de cada grupo. Temos no mapa da Figura 2 (Anexo) um exemplo desse momento.

Turma de Licenciatura em Física

Também foram planejados dois encontros nessa turma de 16 licenciandos, mas com estruturas diferentes do Ensino Médio. A ênfase não era apenas o conteúdo de Física, mas também a aprendizagem de novas estratégias de ensino e avaliação. No primeiro encontro seriam trabalhadas as definições, aplicações e os exemplos acerca de mapas conceituais na primeira metade da aula e na metade final os alunos divididos em quatro grupos seriam submetidos ao momento direcionado de elaboração. Nesse momento, figuras geométricas com 38 conceitos relacionados ao tema do estudo de caso “A Mecânica do Voo de Aviões”, baseado em Studart e Dahmen (2006), foram distribuídas para serem relacionadas num mapa conceitual. Os mapas das Figuras 3 e 4 (Anexo) são apresentados para melhor exemplificar.

No segundo encontro, cada grupo apresentaria seu mapa ao término de sua elaboração. Contudo, por se tratar de licenciandos, um número maior de conceitos foi distribuído, por isso foi separado o tempo de uma aula para discutir não só os conceitos durante a apresentação, mas a adequação da estratégia de mapas conceituais em sua futura prática docente.

Resultados e Análise de Dados

Os resultados devido à utilização dos mapas conceituais em ambas as turmas foram obtidos através da análise qualitativa das ligações entre os conceitos, sua hierarquização, diferenciação conceitual e inserção de novos conceitos, bem como dos registros verbais

durante as apresentações dos grupos. Foram elaborados ao todo 26 mapas conceituais, sendo 22 da turma do Ensino Médio (EM) e 04 do curso de Licenciatura em Física (LF).

Em nossa análise buscamos verificar se conceitos principais sobre o voo se relacionavam satisfatoriamente: as quatro forças fundamentais (tração, arrasto, sustentação e peso), a Segunda Lei de Newton e o Princípio de Bernoulli, a força centrípeta durante uma curva, o ângulo de inclinação para o cálculo da aceleração da gravidade, as componentes da força peso e sua relação com a sustentação, a pressão, a velocidade e a envergadura, o formato da asa, etc. Nosso objetivo foi procurar identificar como essas grandezas se estruturavam na mente do aluno e se essa organização refletia sua compreensão sobre o voo do avião, ou seja, utilizar os mapas para avaliar sua aprendizagem como afirma Moreira (1999) “*Mapas conceituais podem ser instrumentos efetivos de avaliação da aprendizagem; podem ser representações válidas da estrutura conceitual/proposicional de conhecimento de um indivíduo*”.

Analizamos os mapas resultantes do momento direcionado (onde conceitos sugeridos foram estruturados num mapa). Para essa análise foram criadas doze categorias de ligação (Quadro 1) e elaborado um mapa conceitual de referência a partir do texto de Studart e Dahmen (2006), conforme a Figura 5 (Anexo). A partir disso comparamos o mapa de referência com o mapa elaborado por cada grupo a fim de verificar indícios da aprendizagem conceitual sobre a mecânica do voo do avião.

Categorias	Descrição dos parâmetros
1 - Forças fundamentais	Diferenciou as forças: Gravitacional (P), Tração (T), Sustentação(S) e Motriz (M).
2 - Forças perpendiculares	Relacionou forças perpendiculares entre si ou à direção do voo.
3 - Forças paralelas	Relacionou forças paralelas entre si ou à direção do voo.
4 - Subida (forças relevantes)	Relacionou corretamente ($S < P$) a força de Sustentação com a força Gravitacional (P) durante a subida.
5 - Descida (forças relevantes)	Relacionou corretamente ($S < P$) a força de Sustentação com a força Gravitacional (P) durante a descida.
6 - Posição nivelada (forças relevantes)	Relacionou corretamente ($S = P$) a força de Sustentação com a força Gravitacional (P) na posição nivelada do voo.
7 - Relação entre S e P	Concluiu que $S < P$, tanto na subida, quanto na descida.
8 - Força centrípeta e aceleração da gravidade	Relacionou conceitos que envolviam a força Centrípeta (F_c) durante uma curva, a qual influencia a Sustentação e o ângulo de inclinação que influencia no cálculo da aceleração da gravidade (g) experimentada pelos tripulantes do avião.
9 - Palavras de ligação	Relacionou a maioria dos conceitos por meio de relevantes palavras de ligação.
10 - Diferenciação progressiva	Demonstrou boa diferenciação entre os conceitos relacionados.
11 - Hierarquização	Demonstrou boa hierarquização dos conceitos, representada por mais de três níveis hierárquicos.
12 - Criatividade	Inseriu algum conceito novo relevante para o assunto em questão.

Quadro 1 Descrição dos parâmetros e das categorias definidas a partir do texto “A Física do vôo na sala de aula” de Studart e Dahmen (2006) para análise dos mapas elaborados pelos alunos.

Ensino Médio

Feito o levantamento da quantidade de conceitos relacionados por cada grupo, como mostra o gráfico da Figura 1, verificamos que dos onze grupos do Ensino Médio, três deixaram de relacionar cerca de 35% dos 21 conceitos distribuídos no momento direcionado.

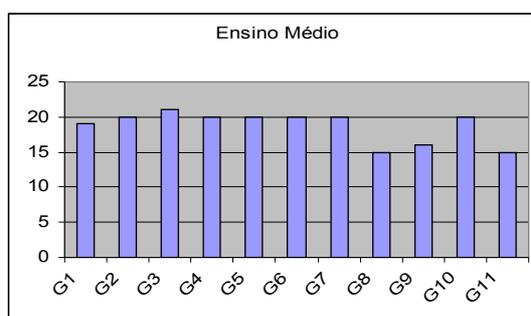


Figura 1: Gráfico da quantidade de conceitos relacionados por grupo (21 conceitos sugeridos).

Com a finalidade de verificar se as concepções¹ espontâneas dos alunos, representadas pelo mapa elaborado no momento espontâneo, sofreram modificações ou tiveram a influência dos conceitos sugeridos no momento direcionado, comparamos os mapas elaborados por cada grupo de alunos do Ensino Médio, antes (momento espontâneo) e depois (momento direcionado) da sugestão dos conceitos.

A Tabela 1 apresenta esses resultados. Pode-se verificar que apenas o grupo G4 apresentou um número considerável de conceitos iniciais, 27 conceitos, enquanto os demais grupos apresentaram entre 17 a 11 conceitos iniciais.

Conceitos	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11
Momento Espontâneo	16	11	13	27	15	17	17	13	16	15	11
Momento Direcionado	19	20	21	20	20	20	20	15	16	20	15
Variação	+3	+9	+8	-7	+5	+3	+3	+2	0	+5	+4

Tabela 1 Comparação da quantidade de conceitos relacionados por cada grupo do EM nos dois momentos da atividade de elaboração dos mapas conceituais.

Esse resultado pode indicar que os alunos do grupo G4 estavam interessados na elaboração do mapa, pretendiam expressar o que tinham assimilado do estudo sobre a mecânica do vôo e que não se intimidaram diante do desafio de elaborarem um mapa com suas idéias iniciais. As Figuras 1 e 2 (Anexo), apresentam os mapas do grupo G4 elaborados nos dois momentos.

Nossa expectativa era que os mapas elaborados no momento espontâneo apresentassem um número de conceitos consideravelmente maior do que os 21 sugeridos no momento

¹ O termo “espontâneas” representa as concepções dos alunos após o estudo realizado no ambiente virtual sobre o tema “Mecânica do vôo”, o qual deu origem ao chamado mapa espontâneo.

direcionado, por ser no primeiro caso o momento onde os alunos puderam criar quaisquer relações, desde que relevantes com o assunto.

Contudo, os dez grupos restantes apresentaram um número maior de conceitos no mapa elaborado no momento direcionado, embora, menores que os 21 conceitos sugeridos, com exceção do G3. Destacou-se o grupo G9, que manteve constante o número de conceitos nos dois momentos e o grupo G2 que obteve a maior variação, usando 20 conceitos no segundo momento. O grupo G4 apresentou variação negativa.

Na Tabela 2, apresentamos a quantidade de conceitos coincidentes nos dois momentos. Consideramos conceitos principais e que tinham relevância, coincidência ou similaridade entre si, como: as quatro forças fundamentais durante o vôo de um avião, a equivalência entre essas forças (perpendicularidade e paralelismo), a relação de dependência entre essas forças (maior, menor ou igual nos movimentos de subida, descida e nivelado), conceitos como gravidade, força gravitacional e peso etc. Por exemplo, no mapa exemplificado pelas Figuras 1 e 2 (Anexo) o grupo usou o conceito *Força Gravitacional* e *Peso* como opostos à *Sustentação* em ambos os mapas; *Força Motriz* ligando a *motores e turbinas* no primeiro mapa e à *Tração* no segundo.

Conceitos coincidentes, similares ou relevantes	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11
	6	5	4	11	6	10	11	6	10	9	4

Tabela 2 Comparação da quantidade de conceitos relacionados por cada grupo do EM nos dois momentos da atividade e elaboração dos mapas conceituais.

Essa coincidência demonstra que os alunos não foram simplesmente influenciados pela sugestão conceitual do professor para a elaboração de seu mapa no momento direcionado, mas que continuaram se “lembrando” dos conceitos assimilados durante o curso. Esta lembrança pode apontar para um processo de aprendizagem significativa.

A Tabela 3 apresenta a quantidade de ligações estabelecidas nos mapas elaborados por cada grupo no momento direcionado. Para isso foram consideradas apenas onze das categorias discriminadas no Quadro 1.

CATEGORIA	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11
1	X		X	X	X	X	X	X	X		
2	X	X		X							X
3	X	X		X		X					
4											
5	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
6	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
7											
*8											
9	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
10			X	X			X	X	X		
11	X								X		
12											

* A categoria 8 (Força centrípeta e aceleração da gravidade) não foi avaliada nas turmas de Ensino Médio, por não ter sido objeto de discussão nas aulas.

Tabela 3 Resumo da quantidade de ligações estabelecidas pelos grupos do Ensino Médio nos mapas elaborados no momento direcionado.

Verificamos que dos onze grupos do Ensino Médio, oito (G1, G3, G4, G5, G6, G7, G8 e G9) diferenciaram as quatro forças principais atuantes durante o vôo do avião (categoria 1 da Tabela 1), quatro (G1, G2, G4 e G11) relacionaram forças perpendiculares, quatro (G1, G2, G4 e G6) relacionaram forças paralelas (categorias 2 e 3), nove (G3, G4, G7, G8 e G9) relacionaram corretamente a Força de Sustentação na subida e na posição nivelada (categorias 5 e 6), cinco diferenciaram corretamente os conceitos, porém apenas dois grupos (G1 e G9) estabeleceram níveis hierárquicos (categoria 11). Nenhum grupo conseguiu relacionar corretamente a Força de Sustentação com a componente do Peso durante o processo de descida (categorias 4 e 7) ou inserir um novo conceito relevante em seu mapa (categoria 12). Nove grupos (G1, G2, G3, G4, G5, G7, G8, G9 e G10) relacionaram os conceitos por meio de palavras de ligação.

O entendimento errôneo de que a Força de Sustentação tem que ser maior que o Peso durante a subida foi demonstrado em todos os mapas analisados. O que reflete que mesmo depois de discutidos e analisados os movimentos, os alunos continuam com algumas de suas concepções inalteradas. Entretanto, durante a apresentação muitos alunos observaram espontaneamente seus erros conceituais, corrigindo-os e alterando as ligações. Algumas afirmações refletem suas ponderações:

Aluno 1: *“o que poderia citar também, que na descida e na subida do avião a sustentação é menor que o peso”.*

Aluno 2: *“as forças que colocamos (resistência, empuxo,..) estão incorretas, as verdadeiras seriam: tração, peso, arrasto e sustentação”.*

Aluno 3: *“percebemos que estávamos errados ao afirmar que quando a sustentação é maior que o peso, o avião sobe”.*

Aluno 4: *“Nós não mais ligaríamos o arrasto à velocidade, pois ele é oposto ao movimento, não contribuindo para a velocidade do avião”.*

As declarações podem demonstrar que os alunos conseguiram diferenciar um conceito espontâneo (muitas vezes incorreto) de um conceito cientificamente correto. Ficou evidenciado que os alunos se deram conta de que tanto na subida como na descida a Força de Sustentação será menor do que a Força Peso ($S = P \cos\theta$); conseguiram diferenciar as quatro forças fundamentais para o vôo do avião; e relacionar o Arrasto com resistência e não com velocidade.

Licenciatura em Física

Dos quatro grupos da Licenciatura em Física, dois grupos deixaram de relacionar cerca de 40% dos 38 conceitos sugeridos, conforme o gráfico da Figura 2. Isto perfaz a metade da turma.

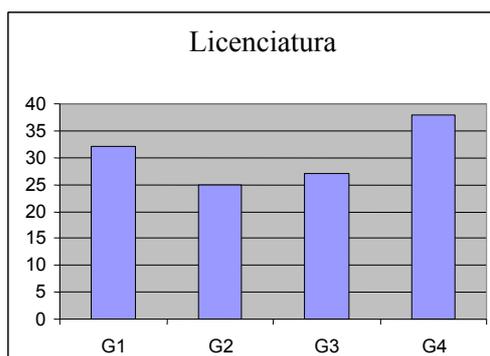


Figura 2: Gráfico da quantidade de conceitos relacionados por grupo (38 conceitos sugeridos).

Esse resultado demonstra a dificuldade dos alunos em organizarem suas idéias acerca de temas já discutidos. Nos mapas analisados essa dificuldade em conectar, relacionar e inserir conceitos ficou evidenciada. Isto pode apontar para uma aprendizagem não significativa de alguns conceitos específicos. Nesse caso, temos no mapa conceitual um excelente recurso de verificação da aprendizagem, demonstrado pela ausência das inserções e ligações, bem como pela presença de ligações equivocadas.

O Quadro 2 apresenta a quantidade de ligações estabelecidas nos mapas elaborados por cada grupo no momento direcionado, segundo as doze categorias do Quadro 1.

CATEGORIAS	G1	G2	G3	G4
1	X	X	X	X
2	X	X		
3	X	X		
4	X	X	X	X
5	X	X		
6	X	X	X	X
7				
8				
9	X	X	X	X
10			X	
11			X	
12			X	

Quadro 2 Resumo da quantidade de ligações estabelecidas pelos grupos da Licenciatura em Física nos mapas elaborados no momento direcionado.

Demonstra-se que os quatro grupos da licenciatura conseguiram diferenciar as forças principais atuantes durante o vôo do avião (categoria 1), relacionaram corretamente a Força de Sustentação na subida e na posição nivelada (categorias 4 e 6), relacionaram a maioria dos conceitos por meio de palavras de ligação (categoria 9). Porém apenas dois grupos (G1 e G2) relacionaram as forças perpendiculares e paralelas (categorias 2 e 3), e a Força de Sustentação na descida (categoria 5). Somente um grupo (G3) demonstrou boa hierarquização (categoria 11), diferenciação conceitual (categoria 10) e inseriu novo conceito relevante (categoria 12).

Nenhum dos grupos concluiu que a Sustentação era menor que o Peso, tanto na subida quanto na descida (categoria 7), ou relacionou conceitos que envolviam a força centrípeta

(Fc) durante uma curva (categoria 8), a qual influencia a Sustentação. Tampouco algum grupo relacionou o ângulo de inclinação que influencia na Sustentação e no cálculo da aceleração da gravidade g experimentada pelos tripulantes do avião.

Dos mapas analisados podemos inferir que algumas concepções errôneas são resistentes e permanecem retidas na estrutura cognitiva dos alunos mesmo após os estudos realizados. Até mesmo os licenciandos apresentaram resistência para concluir que a força de Sustentação S é menor que o Peso P , tanto na subida, quanto na descida do avião, como exemplificado nas Figuras 3 e 4 (Anexo).

Durante a elaboração de seus mapas os alunos se questionavam: *Como* relacionar e *Com o que* relacionar alguns desses conceitos, apesar de terem tido a oportunidade de discuti-los durante o estudo no ambiente EVA e nas aulas presenciais. Tais questionamentos demonstram a potencialidade dos mapas conceituais como instrumento facilitador da aprendizagem, uma vez que conduz o aluno continuamente a fazer um *feedback* do que foi ensinado em sala de aula para elaboração do seu mapa.

Entendemos, contudo, que o período de uma aula pode não ser suficiente para uma reflexão completa dos alunos sobre quais conceitos devem ser relacionados e como relacioná-los corretamente num mapa conceitual, tendo em vista que ainda não tinham muita familiaridade com o processo de elaboração do mapa conceitual. Entretanto, quando pensamos numa aprendizagem significativa, o momento reflexivo para a emissão de uma resposta pode tornar-se, a nosso ver, cada vez menor, estando os conceitos envolvidos já assimilados na estrutura cognitiva do aluno, isto é, fazendo parte de seu universo cognitivo.

Durante a apresentação de cada grupo, vários questionamentos foram levantados pela turma acerca das ligações estabelecidas, o que mais uma vez aponta a potencialidade do mapa conceitual como instrumento facilitador da aprendizagem. À medida que apresentavam, os alunos percebiam os erros cometidos e eram motivados a corrigi-los com o auxílio do professor e dos demais colegas. Quando questionados pela ausência de alguns conceitos em seus mapas, como por exemplo, o conceito de força centrípeta, os licenciandos explicaram, de maneira geral, que o tempo não foi suficiente para a lembrança de todos os conceitos. Tais declarações podem fortalecer para nossa conclusão de que alguns conceitos são resistentes a mudança e que mesmo tendo tempo, não conseguiriam relacioná-los corretamente. Ou podem nos levar a concluir que alguns conceitos são ainda pouco enfatizados nas aulas de física.

Conclusão

Neste trabalho apresentamos os resultados de uma investigação sobre as contribuições dos mapas conceituais para a avaliação da aprendizagem dos conceitos físicos sobre a mecânica do vôo, bem como sua potencialidade como facilitadores da aprendizagem durante o processo de elaboração, parte integrante da sequência didática apoiada pelo ambiente virtual EVA.

O tema abordado no estudo de caso “A Mecânica do Vôo de Aviões” proposto no ambiente EVA foi extremamente importante, tendo em vista que contribuiu para o entendimento de aspectos físicos ligados à aviação. Esse é um dos maiores objetivos da Física, decifrar a natureza, os fenômenos e as tecnologias para facilitar a vida do homem.

O estudo sobre mapas conceituais foi introduzido a fim de capacitar o aluno para relacionar hierarquicamente os conceitos físicos estudados, promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, princípios norteadores da Teoria da Aprendizagem Significativa, a fim de demonstrar sua aprendizagem sobre como voa o avião.

Considerando o caráter idiossincrático da aprendizagem do aluno, o qual pensa e elabora esse pensamento de maneira individual, entendemos que não existe um único mapa correto, mas mapas diferentes com ligações relevantes que coincidam com o pensamento cientificamente correto.

De forma geral, a análise dos mapas conceituais na turma de Ensino Médio nos permitiu concluir que ao buscar respostas à questão de como um objeto tão grande e pesado consegue voar proposta pelo caso elaborado por Reis (2008, p. 141), o aluno foi motivado a aprender os conceitos físicos envolvidos no tema. Em cada ligação estabelecida (cerca de 65%), os alunos demonstravam a compreensão que tinham sobre o vôo do avião. Desta forma, vemos também o ensino proposto com o apoio do ambiente virtual EVA, como um forte motivador à aprendizagem significativa.

Na turma da Licenciatura em Física foi verificado por meio da análise dos mapas que mesmo os futuros professores sentem-se inseguros em afirmar ou relacionar duas ou mais idéias de um mesmo tema (60% dos conceitos foram relacionados). Tais idéias ou conceitos estão fragmentados na estrutura cognitiva dos futuros professores devido ao ensino das disciplinas específicas de conteúdo de Física. Idéias que dificilmente são relacionadas, porque quando ensinadas não foram estabelecidas conexões, podem levar a uma aprendizagem mecânica como afirma Lemos (2005):

O processo educativo, da forma como vem sendo desenvolvido, tem contribuído para que os alunos acabem treinados a memorizar conceitos, definindo-os com frases prontas, sem saber explicar o significado das palavras citadas nessas definições e, principalmente, não acostumados a pensar (2005, p. 41).

Apesar da persistência de erros conceituais sobre a mecânica do vôo dos aviões, pode-se observar uma progressão conceitual relacionada ao conhecimento das forças fundamentais que atuam no avião e suas principais relações. E, principalmente que os alunos ganharam desenvoltura e vocabulário para se expressarem sobre o tema, tendo a organização de suas ideias facilitada durante a elaboração do mapa.

Por meio da estratégia de mapas conceituais os futuros professores foram motivados à estruturação de suas idéias e à aprendizagem de uma nova estratégia de ensino e avaliação para sua prática futura.

A metodologia de aprendizagem baseada em casos estimulou os participantes a refletirem sobre as dificuldades e buscar elementos para superá-las. E nesse aspecto, o ambiente virtual veio proporcionar uma oportunidade dos alunos relembrarem conceitos já estudados ao buscarem respostas à questão de como voam os aviões.

Sabemos que cada indivíduo tem sua maneira própria de categorizar, por meio de sua idiossincrasia e que o agrupamento dos conceitos depende de seus traços perceptivos e das categorias significantes em sua vida, por isso vemos nos mapas conceituais um rico instrumento capaz de demonstrar tais relações conceituais de uma aprendizagem significativa e enfatizamos a necessidade de se trazer à tona essa discussão.

Referências

- AHUMADA, G. W. **Mapas conceituais como instrumentos para investigar a estrutura cognitiva em Física**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Física, UFRGS. Porto Alegre, 1983.
- ALMEIDA, F. C.; SOUZA, A. R. e URENDA, P. A. **Mapas Conceituais: Avaliando a compreensão dos alunos sobre o experimento do efeito fotoelétrico**. In: IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru: ABRAPEC, 2004. (CD-ROM)
- ANDERSON, D. e EBERHARD, S. Como os Aviões Voam: Uma Descrição Física do Voo. **Física na Escola**. v.7, n.2, 2006.
- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D., HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, Ltda, 1980.
- BUCHWEITZ, B. O uso de mapas conceituais na análise do currículo. **Educação e Seleção**, v. 3, n.10, 1984.
- CONCEIÇÃO, L e VALADARES, J. Mapas Conceptuais Progressivos como suporte de uma Estratégia Construtivista de Aprendizagem de Conceitos Mecânicos por Alunos do 9º ano de escolaridade – Que Resultados e Que Atitudes? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n.2, 2002.
- GOWIN, D. B. **Educating**. Ithaca, N. Y: Cornell University Press, 1981.
- JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental Models**. Cambridge, M. A.: Harvard University Press, 1983.
- LEMOES, E. S. (RE) Situando a Teoria de Aprendizagem Significativa na Prática Docente, na Formação de Professores e nas Investigações Educativas em Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 5, n.3, 2005.
- MEC; SEMTEC. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**, 2002.
- MOREIRA, M. A. e AHUMADA, G. W. Concepts maps as tools for evaluation is physics teaching. In: THE INTERNATIONAL SEMINAR ON PHYSICS EDUCATION, Caracas, Venezuela. **Anais...** Agosto, 1983.
- MOREIRA, M. A. e GOBARA, S. T. Concept maps as instructional evaluation in physics teaching. In: THE INTERNATIONAL SEMINAR ON PHYSICS EDUCATION, Caracas, Venezuela. **Anais...** Agosto, 1983.
- MOREIRA, M. A e BUCHWEITZ, B. **Novas Estratégias de Ensino e Aprendizagem**. Lisboa: Editora PLÁTANO Edições Técnicas, 1993.
- MOREIRA, M. A. e MASINI, E.A.F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Editora Moraes, 1982.
- MOREIRA, M. A. **The learning theory of David Ausubel as an alternative framework for organizing the teaching of language and literature**. Dissertação de Mestrado, Ithaca, N.Y., Cornell University, 1977.
- MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: Um Conceito Subjacente. In: ENCUESTRO INTERNACIONAL SOBRE EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO.

International Meeting on Meaningful Learning. **Anais...** Proceedings. Universidad de Burgos, 1997.

MOREIRA, M.A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária LTDA, 1999.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, M.A. e BUCHWEITZ, B. **Mapas Conceituais, Instrumentos Didáticos, de Avaliação e de Análise de Currículo**. São Paulo: Editora Moraes, 1987.

NOVAK, J. D. Retorno a Clarificar con Mapas Conceptuales. In: ENCuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo. **Anais...** Burgos: Universidad de Burgos, 1997.

NOVAK, J. D. **Uma teoria de Educação**. São Paulo: Pioneira, 1981. Tradução de M. A. Moreira do original **A theory of education**, Cornell University Press, 1977.

NOVAK, J. D. e GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano. Edições Técnicas, 1996.

REIS, E. M., LINHARES, M. P. **Desafios de uma proposta construtivista na formação prático-reflexiva de professores de física**. In: IV ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. **Anais...** Bauru: IV ENPEC, 2003. (CD-ROM).

REIS, E. M. **Limites e Possibilidades de um Espaço Virtual de Aprendizagem no Ensino e na Formação de Professores de Física**. Tese (Doutorado em Ciências Naturais) – Universidade do Norte Fluminense Darcy Ribeiro-UENF/CCT, Campos/RJ, 2008.

SOARES, J. F. & BROOKE, N. **Pesquisa em Eficácia Escolar**. Minas Gerais: Editora UFMG, 2008.

STUDART, N. e DAHMEN, S. R. A física do vôo na sala de aula. **Revista Física na Escola**, v. 7, n.2, 2006.

Recebido em fevereiro de 2008, aceito em março de 2009.

ANEXO

Figura 1 - Mapa conceitual elaborado por alunos do Ensino Médio no momento espontâneo.

Figura 3 - Mapa conceitual elaborado por alunos do curso de Licenciatura em Física.

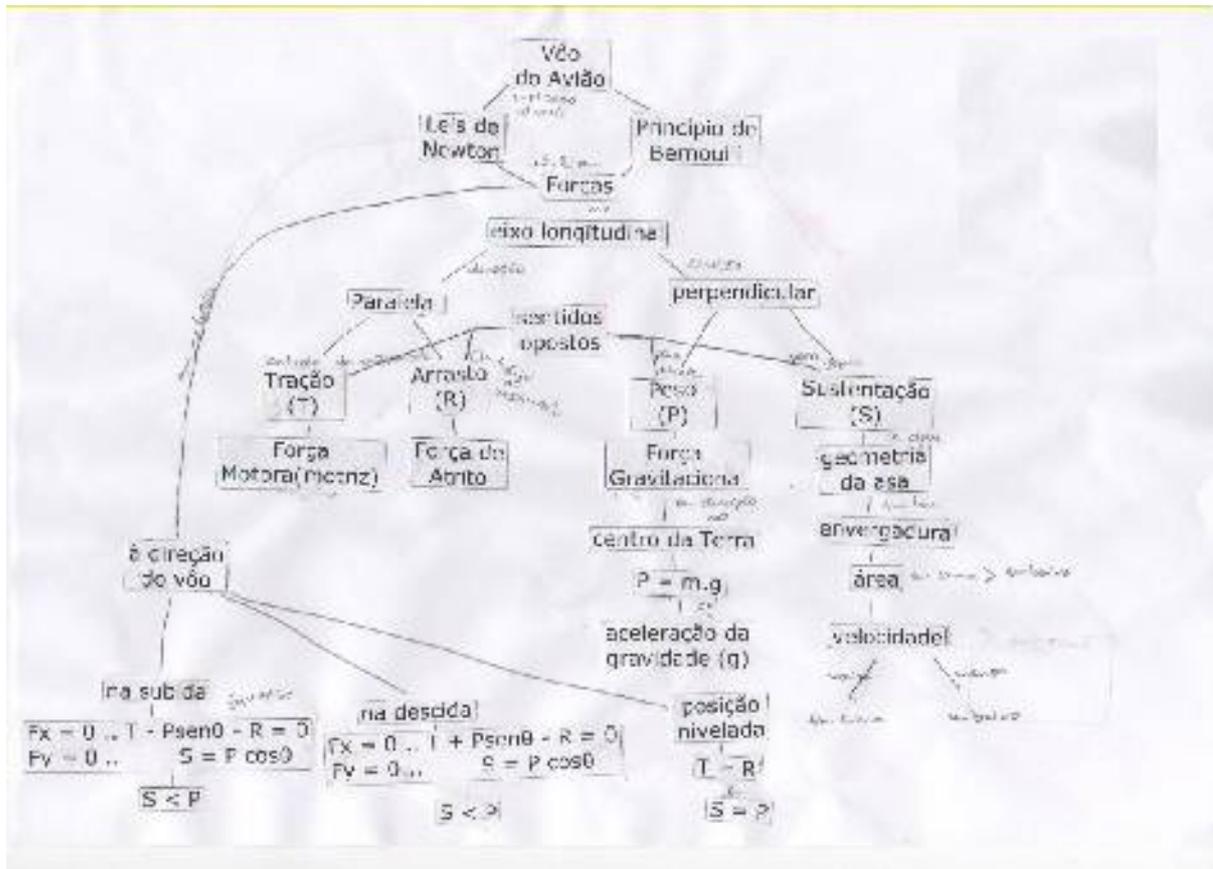


Figura 4 – Outro mapa conceitual elaborado por alunos do curso de Licenciatura em Física.

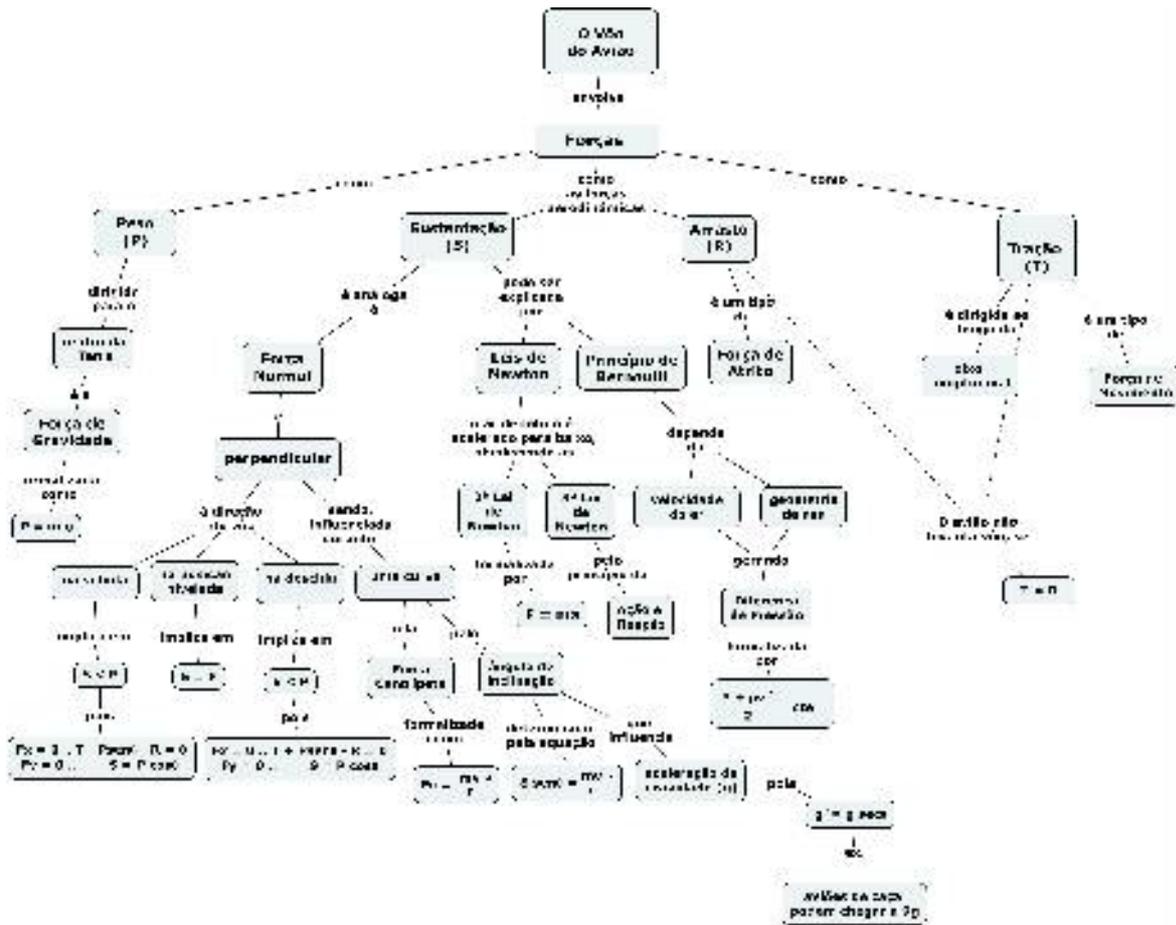


Figura 5 – Um mapa conceitual elaborado para referenciar a análise dos mapas dos alunos