



Flexibilidade cognitiva e hipermídia educacional na formação inicial de físicos-educadores

Cognitive flexibility and educational hypermedia in the initial formation of physicists-educators

Muryel Pyetro Vidmar

Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
mvidmar@ibest.com.br

Fábio da Purificação de Bastos

Departamento de Metodologia do Ensino
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
fabio@ufsm.br

Ilse Abegg

Departamento de Metodologia do Ensino
Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Ilse.abegg@ufsm.br

Resumo

Considerando a abordagem prevista nas políticas públicas educacionais voltadas ao ensino médio de Física e a sua relação com os pressupostos da Teoria da Flexibilidade Cognitiva (SPIRO; JEHNG, 1990), tivemos como objetivo principal desta pesquisa investigar o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva em estudantes do curso de Física – Licenciatura Plena Noturno da Universidade Federal de Santa Maria. Para isto, a pesquisa foi desenvolvida em quatro etapas: 1) implementação e avaliação de uma atividade, com a respectiva sistematização dos dados obtidos; 2) análise e problematização destes dados, de modo a investigar o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva nos licenciandos; 3) análise de outras seis atividades realizadas, verificando se nas resoluções constavam aspectos que reforçavam a constatação

obtida na segunda etapa; 4) aplicação de um questionário, de modo a investigar possíveis causas para os resultados obtidos nas etapas anteriores. Os resultados obtidos ao final da pesquisa apontam para um baixo desenvolvimento da flexibilidade cognitiva por parte dos licenciandos em Física, que, conforme constatamos, pode estar associado aos recursos educacionais presentes ao longo da trajetória escolar dos mesmos, na qual a hiperímia educacional ainda é pouco utilizada para mediar as práticas docentes.

Palavras-chave: Flexibilidade cognitiva; Atividade de estudo de Física; Hiperímia educacional.

Abstract

Considering the approach set in the public education policies geared to high school Physics and their relationship with the assumptions of Cognitive Flexibility Theory (SPIRO; JEHNG, 1990), we had as main objective this research investigate the development of cognitive flexibility in students of the Physics course - full degree of Federal University of Santa Maria. For this, the research was conducted in four stages: 1) implementation and evaluation of an activity, with the systematization of the data obtained; 2) analysis and problematization of these data, to investigate the development of cognitive flexibility in the undergraduates; 3) analysis of six other activities, verifying if the resolutions contained aspects that reinforced the finding obtained in the second stage; 4) application of a questionnaire, to investigate possible causes for the results obtained in the previous stages. The results obtained at the end of the research indicate a low development of cognitive flexibility in the undergraduates in Physics, which, as we found, can be associated with the educational resources present along the scholar trajectory of the same, in which the educational hypermedia is still little utilized to mediate the teaching practices.

Keywords: Cognitive flexibility; Study activities of Physics; Educational hypermedia.

Introdução

Políticas públicas educacionais voltadas ao ensino médio de Física, como os PCN¹ e as Orientaes Curriculares para o Ensino Médio, explicitam a ideia de que a formao geral que a escola precisa dar aos seus estudantes tem como objetivo principal ampliar a compreensão que eles têm do mundo em que vivem (BRASIL, 2006).

Este objetivo mais amplo requer, sobretudo, que os estudantes desenvolvam competências para lidar com as situaes que vivenciam ou que venham a vivenciar, muitas delas novas e inéditas (BRASIL, 2002). Nesta perspectiva, o processo de ensino-aprendizagem é visto não de forma redutora – como mera aquisio mecânica de conhecimento –, mas como a reconstruo constante do que já se sabe.

Em situaes complexas e/ou novas situaes, é preciso que o estudante seja capaz de transferir os conhecimentos adquiridos (PESSOA; NOGUEIRA, 2009). A noo de competências pretende que o estudante “mobilize seus conhecimentos em

¹ Orientaes Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.

contextos distintos daquele em que aprendeu, para poder se relacionar com o mundo”. (BRASIL, 2006, p.48).

A Teoria da Flexibilidade Cognitiva (TFC), proposta no final da década de 80 por Rand Spiro e colaboradores, vai ao encontro destas preocupações. Ela enfatiza o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva como essencial na aquisição, organização e transferência do conhecimento face a novas situações e contextos de utilização (SPIRO; JEHNG, 1990).

Assim, considerando a abordagem prevista nas referidas políticas públicas educacionais, além da sua relação com os pressupostos da TFC, argumentamos que, no âmbito da formação inicial de físicos-educadores, o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva é essencial às futuras práticas docentes dos mesmos no ensino médio.

Neste contexto, realizamos uma pesquisa com estudantes do curso de Física – Licenciatura Plena Noturno da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), especificamente aqueles matriculados na disciplina de Didática I da Física, no segundo semestre letivo de 2011. Tomamos como objetivo principal investigar o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva nos referidos estudantes (licenciandos), tendo em vista as futuras práticas docentes dos mesmos no ensino médio, ao longo do Estágio Supervisionado em Ensino de Física.

Conceituando flexibilidade cognitiva

O conceito de flexibilidade cognitiva é abordado na TFC, proposta no final da década de 80 por Rand Spiro e colaboradores, e que se constitui em uma teoria de ensino-aprendizagem elaborada especificamente para a abordagem de conhecimentos de nível avançado em assuntos pouco estruturados (SPIRO; JEHNG, 1990).

Spiro et al. (1988 apud CARVALHO, 1998) consideram três níveis de conhecimentos: os de nível introdutório, os de nível avançado e os de nível de especialização. Assim, a TFC está focada nos conhecimentos de nível avançado, que sucedem a introdução e precedem a especialização de um determinado conhecimento, exigindo, portanto, uma compreensão profunda dos conhecimentos abordados, para que seja possível aplicá-los flexivelmente em diferentes contextos (CARVALHO, 2011). Cabe aqui explicitar que esta especificação do nível avançado não está relacionada à faixa etária do sujeito, mas sim ao nível de conhecimento (CARVALHO, 2011).

Sobre os assuntos pouco estruturados, eles dizem respeito a este novo contexto de aplicação dos conhecimentos já aprendidos, que não possui uma estrutura pré-determinada (CARVALHO, 1998). Isto porque, neste caso, os contextos são diversificados, sendo que um mesmo conhecimento pode ser utilizado de diversas maneiras, aplicado para uma variedade de situações (SPIRO e JEHNG, 1990). No caso da Física, pode-se utilizar o princípio de conservação da energia, por exemplo, para explicar como ocorre a produção da energia elétrica nas usinas, ou mesmo para discutir a eficiência de uma máquina térmica.

De acordo com a TFC, a flexibilidade cognitiva pode ser definida como a “capacidade que o sujeito desenvolve de, perante uma situação nova, reestruturar o conhecimento para a solucionar” (CARVALHO; PINTO; MONTEIRO, 2002, p.1).

Não se pretende, deste modo, a mera memorização de um assunto. Pretende-se, isso sim, que o sujeito, quando deparado com uma situação detentora de novidade, seja capaz de reestruturar as suas estruturas de conhecimento por forma a solucionar um dado problema, isto é, adquira a flexibilidade cognitiva necessária para a transferência de conhecimento. (PEDRO; MOREIRA, 2000, p.31).

Como os conhecimentos teóricos serão utilizados em diversos contextos, para analisar situações desconhecidas, estes conhecimentos precisam ser representados de diferentes maneiras e organizados de modo a permitir diversas ligações entre eles (REZENDE; GARCIA; COLA, 2006). Nesta linha argumentativa, Pedro e Moreira (2000, p.3) afirmam que “o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva requer múltiplas representações do conhecimento, favorecendo estas a transferência de conhecimento para novas situações.”.

Outro aspecto necessário para o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva é que o conhecimento a ser estudado seja inicialmente apresentado na íntegra, para em seguida serem analisadas as partes que o constitui (SPIRO; COLLINS; RAMCHANDRAN, 2007). Esta é a ideia presente da TFC: iniciar o estudo a partir de um caso, e posteriormente fazer uma cisão deste em mini-casos, relacionados entre si. Um caso corresponde a um problema, uma situação em que se aplica o conhecimento conceitual (Spiro et al., 1988 apud CARVALHO, 1998). Já os mini-casos estão associados aos conceitos necessários para estudar determinado caso.

Segundo Vasconcelos e Leão (2012), os mini-casos permitem olhares parciais dos casos. A leitura interligada dos diferentes mini-casos possibilita a compreensão de um caso sendo discutido em várias perspectivas, o que contribui para a construção de conhecimentos flexíveis (CARVALHO, 2011).

Para finalizar, é importante esclarecer que na abordagem prevista na TFC, a ideia não é deixar de ensinar os conceitos, princípios, leis e teorias, de modo a abordar apenas as situações-problema. Nesta perspectiva, tanto estes quanto aqueles são essenciais. O que se altera é a maneira com que os conhecimentos teóricos são abrangidos no processo de ensino-aprendizagem: no contexto de casos reais de sua aplicação, não no abstrato. Nesta linha, Spiro e Jehng (1990) citam que a TFC

Não negligencia casos para ensinar conceitos, e nem conceitos para ensinar casos – ambos são ensinados no contexto do outro. A aprendizagem é situada, mas o conhecimento abstrato não é ignorado. Nossa abordagem ensina conceitos e casos simultaneamente, não separadamente: conceitos na prática. (SPIRO; JEHNG, 1990, p.; 199, tradução nossa).

Contexto e sujeitos da pesquisa

O contexto da pesquisa foi a disciplina de Didática I da Física (MEN 1150), que compõe o bloco curricular obrigatório do curso de Física – Licenciatura Plena Noturno da UFSM. A Didática I possui um total de 4 (quatro) créditos teóricos, totalizando 60 h/semestre letivo, e tem como objetivos:

- 1) *Situar o ensino de física no atual panorama educacional brasileiro.*
- 2) *Reconhecer o papel do aluno, do professor e dos conteúdos, analisando suas relações no contexto didático.*
- 3) *Compreender a construção da Física nas suas dimensões de processo e de produto.*
- 4) *Analisar diferentes propostas de ensino e justificar a importância da Física no ensino médio. (Programa de Disciplina, MEN 1150).*

A pesquisa ocorreu durante a realização das atividades de Docência Orientada I do pesquisador mestrando. Esta se constitui em uma disciplina optativa do curso de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE) da UFSM. A carga horária da docência orientada foi de 18 (dezoito) horas, o que corresponde a 30% do total da carga horária da disciplina na qual ela foi realizada.

Os sujeitos da pesquisa (que compõem uma amostra de conveniência) foram os estudantes matriculados na disciplina de Didática I da Física, no segundo semestre letivo de 2011. Assim, estavam envolvidos ativamente: o professor responsável pela disciplina, o pesquisador mestrando (que realizou sua docência orientada), além dos nove estudantes (licenciandos) matriculados nesta disciplina no referido semestre.

A disciplina de Didática I da Física está organizada nas seguintes unidades:

- Unidade 1: Fundamentos da educação brasileira e o ensino de Física. Trata do ensino da Física no contexto educacional brasileiro; da disciplina de Física e seu papel nos currículos escolares; e dos parâmetros curriculares nacionais para o ensino de Física.
- Unidade 2: Fundamentos teóricos do processo de ensino-aprendizagem. Abrange algumas teorias de ensino-aprendizagem, como a teoria behaviorista de Skinner; a teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget; a teoria da mediação de Vygotsky; a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel; a teoria da educação dialógico-problematizadora de Freire; e a teoria da flexibilidade cognitiva de Spiro.
- Unidade 3: Natureza e estrutura da Física e tendências do ensino de Física. Trata de assuntos como relação forma-conteúdo e o ensino de Física; epistemologia e didática; Física e Tecnologia; conhecimento sistematizado e conhecimento escolar.
- Unidade 4: Metodologias para abordagem de conteúdos de Física e avaliação. Aborda a experimentação no ensino de Física; a História da Ciência no ensino de Física; o cotidiano e o ensino de física; concepção prévia e o ensino de Física; a informática no ensino de Física; uso de mapas conceituais no ensino de Física; e avaliação do processo ensino-aprendizagem.

Esta disciplina faz parte do quinto semestre do curso de Física – Licenciatura Plena Noturno da UFSM. No referido semestre, os licenciandos estavam cursando ainda as disciplinas de Computação Básica para Física – FORTRAN, Química Geral Inorgânica, Políticas Públicas e Gestão na Educação Básica, e Instrumentação para o Ensino de Física B.

Cabe explicitar ainda que, neste momento do curso, os licenciandos já haviam tido contato, por exemplo, com as disciplinas de Física Básica (Físicas I, II, III e IV), e seus respectivos laboratórios (Laboratórios de Física I, II, III e IV), que abrangem os conhecimentos físicos geralmente abordados no ensino médio, além da disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física A, que visa discutir conceitos e leis fundamentais de Mecânica e Termodinâmica.

Etapas para o desenvolvimento da pesquisa

Conforme explicitado na seção anterior, a pesquisa ocorreu durante a realização das atividades de Docência Orientada I do pesquisador mestrando, tendo como contexto a disciplina de Didática I da Física, do curso de Física – Licenciatura Plena Noturno da UFSM.

O desenvolvimento desta disciplina foi mediado pela tecnologia educacional em rede Moodle. A palavra Moodle, em inglês, é o acrônimo de *Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment*, que significa um ambiente de aprendizagem dinâmica orientado a objetos e organizado em módulos (unidades temáticas). Assim, o Moodle constitui-se em um Ambiente Virtual de Ensino-Aprendizagem no qual são disponibilizados diversos recursos e ferramentas de atividade, de modo a desenvolver uma disciplina ou curso.

Tomamos como objetivo principal da pesquisa investigar o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva nos licenciandos matriculados na referida disciplina, considerando esta característica como essencial às futuras práticas docentes dos mesmos no ensino médio, através do Estágio Supervisionado em Ensino de Física (que é realizado a partir do sétimo semestre do curso).

De modo a alcançarmos o objetivo delineado, planejamos o desenvolvimento da pesquisa em quatro etapas. Na primeira etapa, ocorreu a implementação e avaliação de uma atividade (que abordou os equipamentos de pilates e de musculação), com a respectiva sistematização dos dados obtidos. Na segunda etapa, ocorreu a análise e problematização destes dados, de modo a investigar o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva nos licenciandos. Na terceira etapa, buscou-se analisar as demais atividades realizadas ao longo da Docência Orientada I, com o objetivo de investigar se nas resoluções constavam aspectos que reforçavam a constatação obtida na segunda etapa. Por fim, na quarta etapa, ocorreu a aplicação de um questionário, de modo a investigar possíveis causas para os resultados obtidos nas etapas anteriores.

Na próxima seção, será abordada mais detalhadamente cada uma destas quatro etapas, além dos resultados obtidos nas mesmas.

Resultados obtidos no desenvolvimento da pesquisa

Implementação da atividade e sistematização dos dados obtidos

Durante a realização das atividades da Docência Orientada I do pesquisador mestrando, foram trabalhadas duas unidades temáticas da disciplina de Didática I da Física, que abordaram os fundamentos da educação brasileira e o ensino de Física, além dos fundamentos teóricos do processo de ensino-aprendizagem. Para isto, foi planejado um total de dezoito aulas (com uma hora cada), além de seis atividades. Ainda, ao final da segunda unidade temática, foi realizada a primeira avaliação obrigatória da disciplina.

Na primeira aula, foram problematizadas duas situações-problema: uma delas sobre o equipamento de pilates e a outra sobre o equipamento de musculação. Na ocasião, foram mostrados aos licenciandos dois vídeos.

O primeiro vídeo (disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=914-O9DUmDw>) ilustrava uma pessoa realizando exercícios em um equipamento de pilates, no qual ela segurava uma mola em cada mão e aplicava nelas uma força, acarretando numa elongação das molas, que estavam fixas na parede. Já o segundo vídeo (disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=w5GvYbUh4W8>) mostrava uma pessoa fazendo musculação, utilizando equipamentos como barras e halteres.

Após os licenciandos terem assistido aos vídeos, foram propostas as seguintes questões: 1) Descreva as duas situações; 2) Analise as duas situações segundo a mecânica newtoniana; 3) Analise as duas situações trabalhando com os princípios, leis e conceitos dos Movimentos: variações e conservações. As respostas obtidas estão sintetizadas no quadro 1.

Quadro 1: Respostas obtidas às questões propostas na primeira aula.

Estudante	Questão 1	Questão 2	Questão 3
1	Associou a primeira situação à força da mola, porém na segunda não fez nenhuma associação.	Na primeira situação, relacionou a elongação da mola à interação eletromagnética, e na segunda, relacionou a situação ilustrada com a interação gravitacional.	Analisou a primeira situação em termos do trabalho mecânico e da energia potencial elástica, e a segunda situação em termos da energia cinética dos halteres.
2	Relacionou a primeira situação à energia potencial elástica, porém na segunda apenas descreveu o que se passava no vídeo.	Associou a primeira situação à energia potencial elástica, e a segunda situação à força peso.	Relacionou a primeira situação à conservação da constante elástica da mola, e a segunda situação à conservação de forças (não explicitando quais).
3	Associou a primeira situação à força elástica e à energia potencial elástica, e a segunda situação ao peso dos objetos.	Relacionou a primeira situação à força elástica, e na segunda, obteve a equação para o cálculo da força necessária para deslocar os objetos.	Associou a primeira situação à conservação da energia mecânica, e a segunda à conservação da energia potencial gravitacional.
4	Descreveu o que se passava em cada vídeo, porém não fez as devidas associações.	Associou a primeira situação à força elástica, e a segunda situação à força peso.	Analisou as duas situações em termos da conservação da massa e da variação em função do deslocamento, velocidade e aceleração.

Estudante	Questão 1	Questão 2	Questão 3
5	Descreveu as duas situações em termos da maior ou menor tranquilidade para a realização dos exercícios.	Relacionou a primeira situação à lei de Hooke, e a segunda situação ao peso, tração e 1ª lei de Newton.	Associou a primeira situação à variação dos movimentos, na qual as grandezas permaneciam as mesmas, e a segunda à variação tanto nos movimentos quanto nas grandezas.
6	Associou a primeira situação à lei de Hooke, e a segunda situação à tração entre as roldanas.	Analisou a primeira situação em termos da energia potencial elástica, e a segunda situação em termos do peso e tração.	Relacionou as duas situações às leis de Newton e à conservação de energia.
7	Descreveu o que se passava em cada vídeo, porém não fez as devidas associações.	Relacionou as situações à tração, tensão, conservação de energia e torque, além de apresentar a 2ª lei de Newton.	Analisou as duas situações em termos das energias potencial e cinética, e da variação das grandezas posição e velocidade.
8	Relacionou a primeira situação à força da mola, e a segunda situação ao peso dos objetos.	Associou a primeira situação à lei de Hooke e à terceira lei de Newton, e a segunda ao peso e à 2ª lei de Newton.	Associou a primeira situação à variação da força e da elongação e à conservação da constante elástica, e a segunda à variação da tração e à conservação da massa e aceleração gravitacional.
9	Descreveu as duas situações em termos da maior ou menor tranquilidade para a realização dos exercícios.	Relacionou a primeira situação à 3ª lei de Newton e à lei de Hooke, e a segunda situação à força peso.	Associou a primeira situação à variação da força e da elongação da mola, e a segunda à variação da altura dos pesos, mas à conservação da força necessária para deslocá-los.

Justificamos que, do ponto de vista teórico-metodológico, a atividade utilizada nesta primeira etapa da pesquisa foi escolhida para investigar o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva, porque trabalhamos com o conceito de investigação inicial, na perspectiva da pesquisa educacional. Em outras palavras, trata-se de investigar o pensar e agir dos envolvidos, segundo determinada temática de Física, nas primeiras aulas do curso. No que diz respeito à TFC, a meta era investigar se os conhecimentos de Física aprendidos nas disciplinas anteriores seriam operacionalizados numa determinada situação-problema (caso, no âmbito da TFC). Por outro lado, é necessário explicitar como uma limitação desta abordagem de pesquisa o fato de pressupormos que essa estratégia não permite avaliar plenamente o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva, mas apenas indícios de alguns conceitos da TFC.

Análise e problematização dos dados obtidos

Através da análise dos dados contidos no quadro 1, notamos que, na questão 1, apenas 22,2% dos licenciandos obtiveram o resultado esperado, que consistia basicamente em associar a primeira situação à força elástica (da mola) e a segunda à força peso. Ainda, 33,3% dos licenciandos fizeram a associação esperada em apenas uma das situações, e 44,4% deles não relacionaram nenhuma das situações aos conhecimentos físicos envolvidos.

Em relação à questão 2, 55,5% dos licenciandos fizeram uma análise próxima a esperada, que consistia em descrever a primeira situação em termos de uma força variável (associada à elongação da mola) e a segunda situação em termos de uma força constante (associada à massa). Ainda, 33,3% dos licenciandos associaram uma das situações à força e outra à energia, e 11,11% relacionaram as situações a interações eletromagnéticas e gravitacionais, respectivamente.

Já na questão 3, 22,2% dos licenciandos explicitaram se as forças associadas às duas situações eram conservativas ou não; ou seja, se havia ou não conservação da energia mecânica do sistema. Ainda, 55,5% dos licenciandos citaram algumas grandezas que se conservaram e outras que variaram, mas não abordaram a grandeza física energia. Já 22,2% deles citaram os tipos de energia envolvidos, porém não abordaram a questão da variação e conservação.

Conforme abordado na seção anterior, a disciplina de Didática I faz parte do quinto semestre do curso de Física – Licenciatura Plena Noturno da UFSM. Assim, os licenciandos já haviam cursado a disciplina de Física I, que abrange os conhecimentos físicos abordados nesta atividade. Mesmo assim, analisando o desempenho dos mesmos como um todo, através dos dados explicitados no quadro 1, percebeu-se o baixo aproveitamento deles nas questões.

Foi possível observar a dificuldade apresentada pelos licenciandos em aplicar os conhecimentos físicos já aprendidos para analisar as duas situações-problema. Podemos associar esta dificuldade ao baixo desenvolvimento de uma característica essencial no âmbito do processo de ensino-aprendizagem de Física, que é a flexibilidade cognitiva. Conforme explicitado anteriormente, esta consiste na reestruturação do conhecimento teórico aprendido, de modo a aplicá-lo em novas situações e contextos, para resolver diversos problemas (SPIRO; JEHNG, 1990).

Análise das demais atividades realizadas no âmbito da Docência Orientada

Conforme destacado anteriormente, Spiro e Jehng (1990) explicitam que o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva requer múltiplas representações do conhecimento e diversas ligações entre conhecimentos. Isto significa que, de acordo com estes autores, uma aprendizagem linear possui baixo potencial para o desenvolvimento desta flexibilidade.

Assim, na terceira etapa da pesquisa, buscou-se analisar as demais atividades realizadas ao longo da Docência Orientada I, de modo a investigar se nas resoluções dos licenciandos constavam aspectos relacionados à linearidade de aprendizagem. Nos próximos parágrafos, explicitamos os resultados desta análise.

Na sexta aula, foi proposta a realização da segunda atividade, que consistia em explicitar se o texto presente nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) da área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (BRASIL, 1999) sinaliza ou não a estrutura conceitual e temática das aulas de Física. Na ocasião, o licenciando 7, ao ser questionado sobre a sequência conceitual da Mecânica, respondeu que “trabalharia primeiro os movimentos (Cinemática), após trabalharia dinâmica. Primeiro nos preocupamos com o movimento isolado, sem nos preocuparmos com as causas do mesmo.”

Em outra ocasião, ao comentar a resposta de um colega, o licenciando 7 fez a seguinte questão: “É possível trabalhar com o global sem prepararmos uma base?”. O licenciando 9, ao respondê-la, afirmou que é necessário primeiramente desenvolver uma base conceitual, para que em seguida se possa trabalhar com o global.

Na décima quarta aula, os licenciandos realizaram a quarta atividade. Em uma das questões, a tarefa era elaborar um exemplar de hierarquia de aprendizagem (linear) em Física, segundo a teoria de Gagné (MOREIRA, 1999), para a conservação de energia mecânica. Analisando as resoluções, percebeu-se que 77,8% dos licenciandos que realizaram a atividade responderam conforme o esperado, citando como pré-requisitos distância, velocidade, aceleração, massa, força e constante elástica, e como conceitos a serem abordados trabalho, energia cinética, energia potencial e energia mecânica. Ainda, explicitaram que, após a abordagem dos conceitos, há a apresentação e interpretação física das equações para o cálculo da energia potencial e da energia cinética. Em seguida, realiza-se o cálculo das energias potencial e cinética do sistema, e por fim calcula-se a energia mecânica do mesmo.

Na primeira avaliação obrigatória da disciplina, a segunda questão consistia em organizar uma atividade de estudo de Física baseada no TEEF² 1 - Movimentos: variações e conservações, priorizando a utilização da hipermídia educacional disponível em http://www.walter-fendt.de/ph14br/collision_br.htm. Analisando as respostas a esta questão, observou-se que:

- o licenciando 3 citou os pré-requisitos (massa, velocidade, energia) e conceitos necessários (momento linear, centro de massa, conservação do momento, choque elástico e choque inelástico) para a realização da atividade de estudo;
- o licenciando 7 apresentou uma hierarquia de aprendizagem, e não uma atividade de estudo;
- o licenciando 9, ao se referir ao site no qual se encontrava a hipermídia, citou que “antes é claro, de se largar um site desses para os alunos, seria importante que eles já tivessem um breve conhecimento sobre colisões e depois permitir que eles pudessem observar isso no site”.

Por fim, na questão 5 da referida avaliação, os licenciandos tinham que explicitar os conceitos principal(is) e secundário(s) de uma rede conceitual para o ensino-aprendizagem hipermediático de Física da Unidade 2.2 - Tecnologias que usam calor: motores e refrigeradores, do TEEF 2 - Calor, ambiente e usos de energia, para identificar a participação do calor e os processos envolvidos no funcionamento de máquinas térmicas de uso doméstico ou para outros fins, tais como geladeiras, motores de carro etc., visando sua utilização adequada. Nesta questão, notou-se que

² Tema Estruturador do Ensino de Física, explicitado nos PCN+ da Física (BRASIL, 2002).

apenas 14,3% dos licenciandos apresentaram como conceito principal o princípio de conservação da energia (mais amplo), e como secundários conceitos menos amplos.

Neste sentido, de acordo com os resultados obtidos na análise das atividades realizadas, foi possível constatar, em algumas resoluções dos licenciandos, aspectos relacionados à linearidade de aprendizagem, que está associada ao baixo desenvolvimento da flexibilidade cognitiva (SPIRO; JEHNG, 1990) por parte dos licenciandos, pelos motivos já explicitados.

Aplicação de um questionário

Tendo como base os resultados obtidos nas etapas anteriores da pesquisa, nos questionamos se o baixo desenvolvimento da flexibilidade cognitiva estava relacionado aos recursos educacionais presentes nas aulas de Física no ensino médio e nas disciplinas de Física Básica (Físicas I, II, III e IV) na graduação, frequentadas pelos licenciandos.

Para investigar esta inquietação, foram elaboradas cinco questões, organizadas na ferramenta “questionário” do Moodle. Dos nove licenciandos que realizaram a atividade sobre o equipamento de pilates e o de musculação – a qual gerou esta indagação –, um deles não respondeu ao questionário e dois deles passaram a não frequentar mais as aulas da disciplina, de modo que foram seis o número de licenciandos que acessou o Moodle e respondeu ao questionário.

Na primeira questão, os licenciandos tinham que explicitar, por ordem decrescente, os três recursos educacionais mais presentes nas aulas, considerando a trajetória escolar dos mesmos ao longo do ensino médio de Física e das disciplinas de Física Básica (Físicas I, II, III e IV) na graduação.

Especificamente para o âmbito do ensino médio de Física, os recursos educacionais citados pelos licenciandos estão ilustrados no gráfico da figura 1. Os números do gráfico representam a porcentagem de licenciandos que explicitou cada um dos recursos.

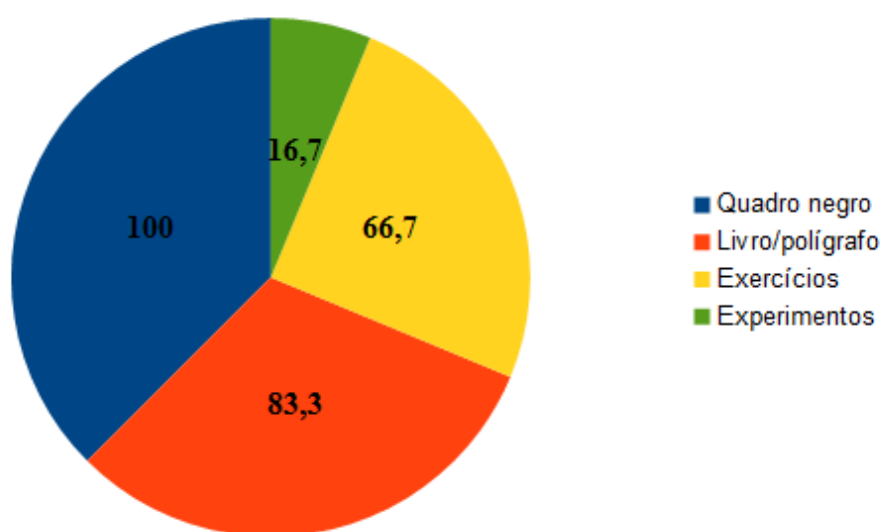


Figura 1: Recursos educacionais presentes no ensino médio de Física.

Analisando o gráfico da figura 1, nota-se que os recursos educacionais mais citados pelos licenciandos foram o quadro negro e o livro didático/polígrafo: aquele foi citado

por 100% dos licenciandos, sendo que 83,3% deles o apontaram como principal recurso e 16,7% como sendo o segundo recurso mais utilizado; já este foi citado por 83,3% dos licenciandos, sendo que 20% deles o apontaram como principal recurso, 40% como segundo recurso mais utilizado, e 40% como o terceiro recurso educacional mais presente nas aulas de Física no ensino médio.

Considerando as disciplinas de Física Básica na graduação, o gráfico da figura 2 apresenta os recursos educacionais citados pelos licenciandos como sendo os que estiveram mais presentes neste âmbito. Cabe lembrar que os números do gráfico representam a porcentagem de licenciandos que explicitou cada um dos recursos.

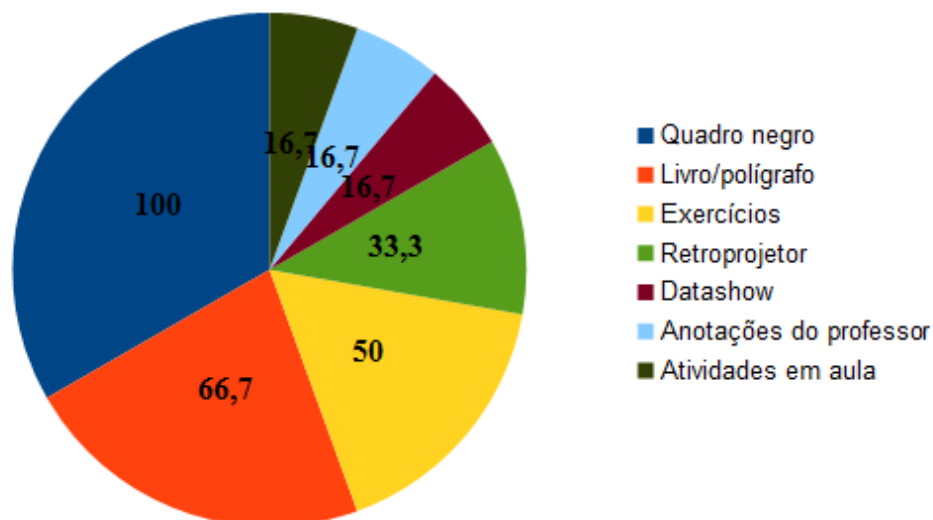


Figura 2: Recursos educacionais presentes nas disciplinas de Física Básica na graduação.

Analisando o gráfico da figura 2, nota-se uma variedade maior de recursos educacionais presentes nas disciplinas de Física Básica da graduação, em relação ao ensino médio de Física. Mesmo assim, os mais citados pelos licenciandos novamente foram o quadro negro e o livro didático/polígrafo: aquele foi citado por 100% dos licenciandos, sendo que 83,3% deles o apontaram como principal recurso e 16,7% como sendo o segundo recurso mais utilizado; já este foi citado por 66,7% dos licenciandos, sendo que 25% deles o apontaram como principal recurso e 75% como o segundo recurso educacional mais presente nas disciplinas de Física Básica na graduação.

Assim, de acordo com os resultados obtidos na primeira questão do questionário, os principais recursos educacionais presentes nas aulas de Física – tanto no âmbito do ensino médio quanto das disciplinas de Física Básica da graduação – foram o quadro negro e o livro didático/polígrafo. Em relação ao ensino médio, alguns autores da área de Ensino de Física (FREITAS; VITAL, 2008; HEINECK; VALIATI; DA ROSA, 2007; WICHNOSKI; ZARA, 2011) também apresentam este panorama.

Deste modo, foi possível associar a linearidade de aprendizagem – observada na terceira etapa da pesquisa – à predominância dos referidos recursos educacionais, que acabaram acarretando no baixo desenvolvimento da flexibilidade cognitiva. Isto porque, ao se constituírem em mídias lineares, eles têm baixo potencial para possibilitar as diversas ligações entre conhecimentos e as múltiplas representações dos mesmos (por exemplo, por meio de gráficos, áudios, vídeos, entre outros), necessários para o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva (SPIRO; JEHNG, 1990).

A análise dos resultados obtidos na quinta questão (Figura 3) reforça esta constatação. Na ocasião, solicitamos que os licenciandos explicitassem uma característica contida na TFC que os mesmos consideravam que esteve presente nas aulas, tanto no âmbito do ensino médio de Física quanto das disciplinas de Física Básica na graduação.

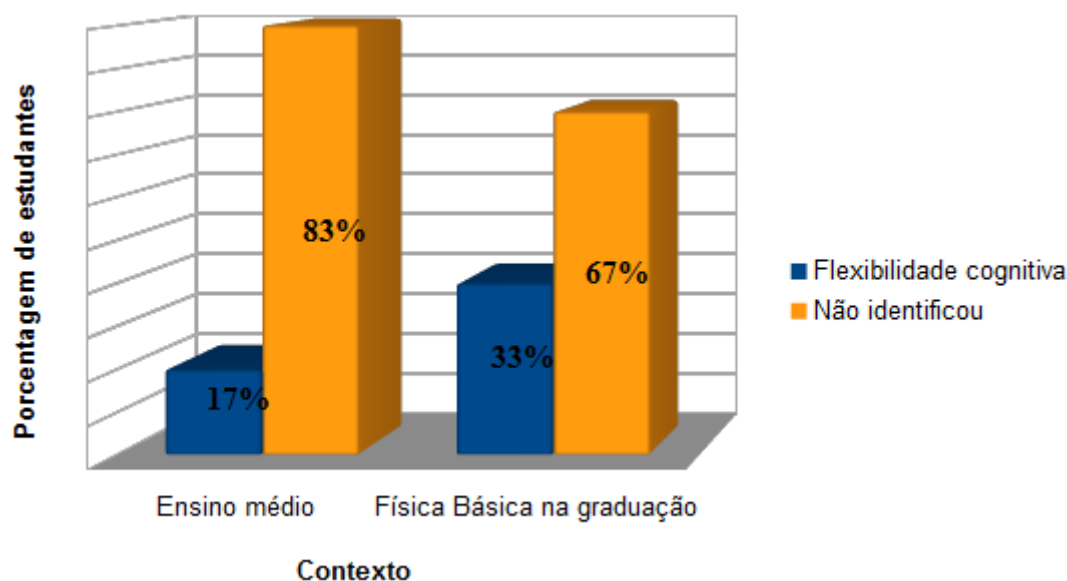


Figura 3: Características da teoria de Spiro (1990) identificadas pelos estudantes.

Analisando o gráfico da figura 3, é possível notar, em relação ao ensino médio de Física, que apenas 17% dos licenciandos citaram a flexibilidade cognitiva como característica desenvolvida nas aulas, enquanto que 83% deles não identificaram nenhuma característica contida na TFC. Já em relação às disciplinas de Física Básica na graduação, 33,3% dos licenciandos citaram a flexibilidade cognitiva, enquanto que 67% deles não identificaram nenhuma característica da referida teoria.

Políticas públicas educacionais voltadas ao ensino médio de Física, como os PCN+ e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, explicitam a importância de que as estratégias de ensino-aprendizagem sejam modificadas, capacitando o estudante a resolver problemas e a procurar as informações necessárias, de modo a utilizá-las nos contextos em que forem solicitadas (BRASIL, 2006).

Assim, considerando os resultados obtidos nas etapas da pesquisa – que apontam para um baixo desenvolvimento da flexibilidade cognitiva por parte dos licenciandos –, além das referidas políticas públicas educacionais, propomos, na próxima seção, uma estratégia inovadora no âmbito do processo de ensino-aprendizagem de Física, com o objetivo de potencializar o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva.

Atividades de estudo mediadas por hipermídia educacional: uma estratégia para o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva

Rezende e Cola (2004) relacionam o conceito de hipermídia aos conceitos de hipertexto e multimídia. Por hipertexto, entende-se um sistema computacional que organiza textos de maneira não sequencial, através de ligações não lineares entre os conceitos. Já o conceito de multimídia compreende a integração de diversas mídias –

como, por exemplo, imagens, áudios e vídeos – para representar uma informação (REZENDE; SOUSA; BARROS, 2012). Assim,

O conceito de hipermídia pode ser visto como a interseção entre os conceitos de multimídia e hipertexto, na medida em que se trata de sistemas computacionais que ligam informações de forma não seqüencial, como os sistemas de hipertexto e que utilizam múltiplos meios para representar a informação, como os materiais multimídia. (REZENDE; COLA, 2004, p.1).

Desse modo, a hipermídia constitui-se em uma maneira de interligar conhecimentos, articulando as linguagens sonora, visual e verbal de modo não linear, o que descarta a tradicional leitura sequencial e estática, e possibilita uma navegação através de diversos links, de acordo com as escolhas realizadas pelo sujeito (SALGADO, 2008). Com isso,

O estudante pode estabelecer, conforme seu interesse, diversas associações entre os assuntos inter-relacionados, mediante uma exploração ativa que favorece a ampliação de sua visão sobre um determinado tema de estudo, sua capacidade de associar idéias e a integração de novos conceitos em sua estrutura cognitiva. (MACHADO; SANTOS, 2004, p.83).

Em se tratando de hipermídia educacional, procura-se delimitar o conceito de hipermídia, referindo-se apenas àquela planejada com uma intencionalidade voltada aos objetivos educacionais. Na Internet, encontramos diversos portais educacionais hipermidiáticos, como o Portal do Professor (<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/index.html>), Banco Internacional de Objetos Educacionais (<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>), Portal Física Vivencial (<http://www.fisicavivencial.pro.br/>) e Portal *Physics Education Technology* (PhET) (http://phet.colorado.edu/pt_BR/), que disponibilizam centenas de hipermídias para mediar tecnologicamente práticas docentes desenvolvidas no processo de ensino-aprendizagem de Física. Destacamos que em todos os referidos portais o par recurso-atividade está presente; ou seja, o recurso educacional não é disponibilizado sem uma proposição didática de utilização.

Algumas pesquisas na área de Ensino de Física (REZENDE, 2001; REZENDE; BARROS, 2001; VERAS; LEÃO, 2005) apresentam resultados que apontam para um efeito positivo das visitas guiadas em sistemas hipermídia sobre a reestruturação conceitual de estudantes e a ampliação da aprendizagem, fundamental para a aplicação dos conhecimentos físicos em outros contextos. Rezende (2001) destaca ainda que este efeito pode ser ampliado quando os sistemas hipermídia são utilizados como recurso para as práticas docentes desenvolvidas em sala de aula.

Neste sentido, uma alternativa para a utilização destes recursos educacionais hipermídia é associá-los ao desenvolvimento de atividades de estudo de Física que operacionalizem a simetria-invertida, proposta nos PCN (BRASIL, 1999), nos PCN+ (BRASIL, 2002) e nas Orientações Curriculares para o ensino médio (BRASIL, 2006), da área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.

Em detrimento de uma abordagem que parta do ensino dos conhecimentos teóricos para apenas ao final resolver problemas, está se propondo partir de situações-problema para ir aos conhecimentos da Física (BRASIL, 2006). Em consonância com a

ideia presente na Teoria da Flexibilidade Cognitiva, as situações-problemas estariam associadas aos casos; enquanto os conhecimentos de Física, aos mini-casos (SPIRO; JEHNG, 1990).

Esta também é a perspectiva da educação dialógico-problematizadora, descrita por Freire (1987), que aborda o fato de que,

Faltando aos homens uma compreensão crítica da totalidade em que estão, captando-a em pedaços nos quais não reconhecem a interação constituinte da mesma totalidade, não podem conhecê-la. E não o podem porque, para conhecê-la, seria necessário partir do ponto inverso. Isto é, lhes seria indispensável ter antes a visão totalizada do contexto para, em seguida, separarem ou isolarem os elementos ou as parcialidades do contexto, através de cuja cisão voltariam com mais clareza à totalidade analisada. (FREIRE, 1987, p.55).

Ao propor a utilização de recursos educacionais hipermédia como mediação tecnológica para a problematização e resolução de situações-problema, temos como objetivo potencializar o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva dos envolvidos. Isto porque, além de iniciar o estudo a partir de um caso, e posteriormente fazer uma cisão deste em mini-casos (simetria-invertida), a utilização de uma hipermédia torna possível as representações múltiplas do conhecimento, por meio de gráficos, imagens, áudios e vídeos acoplados no computador em rede (REZENDE; SOUSA; BARROS, 2012), potencializando também interação e interatividade.

Ainda, devido à característica não linear da hipermédia, uma de suas vantagens é que o mesmo material pode ser explorado de diferentes maneiras, com diferentes trajetórias (SPIRO; JEHNG, 1990; VASCONCELOS; LEÃO, 2012). Assim, se pode estabelecer diversas trilhas e ligações entre os conteúdos, evitando a simplificação de assuntos complexos – uma vez que permite a sua abordagem como um todo (REZENDE; GARCIA; COLA, 2006) – e proporcionando ao estudante “maiores chances de promover uma melhor compreensão da situação em análise e melhor aplicação do conhecimento para novas circunstâncias, criando as condições para o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva”. (FRUET, 2010, p.56).

Conclusão

Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, realizada no contexto da disciplina de Didática I da Física, observou-se um baixo desenvolvimento da flexibilidade cognitiva, por parte dos licenciandos. Ainda, analisando as atividades desenvolvidas no decorrer da disciplina, foi possível constatar, em algumas resoluções dos mesmos, aspectos relacionados à linearidade de aprendizagem.

De acordo com os resultados obtidos através da aplicação de um questionário, realizado no Moodle, os licenciandos citaram que os principais recursos educacionais presentes nas aulas de Física – tanto no âmbito do ensino médio quanto das disciplinas de Física Básica da graduação – foram o quadro negro e o livro didático/polígrafo.

Neste sentido, é possível associar a linearidade de aprendizagem e o baixo desenvolvimento da flexibilidade cognitiva à predominância majoritária dos referidos recursos educacionais, ao longo da trajetória escolar dos licenciandos, na qual a

hipermídia educacional ainda é pouco utilizada para mediar tecnologicamente as práticas docentes.

Isso não significa que recursos educacionais lineares são os únicos responsáveis pelo baixo desenvolvimento da flexibilidade cognitiva. Por outro lado, recursos hipermediáticos, por si só, não garantem interação e interatividade necessárias ao desenvolvimento da flexibilidade cognitiva.

Neste contexto, propôs-se neste artigo uma alternativa inovadora no âmbito do processo de ensino-aprendizagem de Física, que constitui em trabalhar com atividades de estudo mediadas por hipermídia educacional, primando pela problematização e resolução de situações-problema. Em outras palavras, a quintaessência do potencial para o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva está na atividade de estudo, e não unicamente no recurso tecnológico da mesma.

Tendo como fundamentação teórica os pressupostos da Teoria da Flexibilidade Cognitiva e alguns resultados de pesquisas na área de Ensino de Física (REZENDE, 2001; REZENDE; BARROS, 2001; VERAS; LEÃO, 2005), procurou-se argumentar que a utilização destas atividades pode contribuir para potencializar o desenvolvimento da flexibilidade cognitiva, que, mesmo consistindo em um objetivo ambicioso, é “necessário para formar professores capazes de lidar com a complexidade e ambiguidade de novas situações que fervilham nas suas práticas docentes.” (PESSOA; NOGUEIRA, 2009, p.128).

Referências

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2002.

CARVALHO, A.A.A. A Teoria da Flexibilidade Cognitiva e o Modelo Múltiplas Perspectivas. In: LEÃO, M. B. C. (Org.) **Tecnologias na educação: uma abordagem crítica para uma atuação prática**. Recife: UFRPE, 2011, p. 17-42.

_____. **Os documentos hipermídia estruturados segundo a teoria da flexibilidade cognitiva: importância dos comentários temáticos e das travessias temáticas na transferência do conhecimento para novas situações**. 1998. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade do Minho, Braga, 1998.

CARVALHO, A. A. A.; PINTO, C. S.; MONTEIRO, P. J. M. **FleXml: Plataforma de Ensino a Distância para Promover Flexibilidade Cognitiva**. Universidade do Minho, Portugal, 2002.

- FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 11a.ed., 23a.reimpressão. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
- FREITAS, H.A.; VITAL, M.L. Motivação do aluno e o uso do computador em aulas de Física. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 11., 2008, Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba: SBF, 2008. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xi/sys/resumos/T0022-1.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2013.
- FRUET, F.S.O. **Atividades de estudo hipermediática mediadas por ambiente virtual de ensino-aprendizagem livre**. 2010. 120 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.
- HEINECK, R.; VALIATI, E.R.A.; DA ROSA, C.T.W. Software educativo no ensino de Física: análise quantitativa e qualitativa. **Revista Iberoamericana de Educación**, n.42/6, 2007.
- MACHADO, D.I.; SANTOS, P.L.V.A.C. Avaliação da hiperídia no processo de ensino e aprendizagem da Física: o caso da gravitação. **Ciência & Educação**, Bauru, vol.10, n.1, p.75-100, 2004.
- MOREIRA, M.A. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.
- PEDRO, L.F.; MOREIRA, A. Os Hipertextos de Flexibilidade Cognitiva e a planificação de conteúdos didáticos: um estudo com (futuros) professores de Línguas. **Revista de Enseñanza y Tecnología**, n.3, p.29-35, sep./dec. 2000.
- PESSOA, T.; NOGUEIRA, F. Flexibilidade cognitiva nas vivências e práticas educativas: casebook para a formação de professores. In: NASCIMENTO, A.; HETKOWSKI, T. (Eds.). **Educação e contemporaneidade: pesquisas científicas e tecnológicas**. Salvador: EDUFBA, 2009, p. 111-131.
- REZENDE, F.; BARROS, S.S. Discussão e reestruturação conceitual através da interação de estudantes com as visitas guiadas do sistema hiperídia “Força & Movimento”. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, vol.1, n.2, 2001.
- REZENDE, F.; COLA, C.S.D. Hiperídia na educação: flexibilidade cognitiva, interdisciplinaridade e complexidade. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, vol.6, n.2, p.1-11, 2004.
- REZENDE, F. Desenvolvimento e avaliação de um sistema hiperídia para facilitar a reestruturação conceitual em Mecânica Básica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, vol.18, n.2, p.197-213, 2001.
- REZENDE, F.; GARCIA, M. A. C.; COLA, C. dos S. D. Desenvolvimento e avaliação de um sistema hiperídia que integra conceitos básicos de Mecânica, Biomecânica e Anatomia humana. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, vol.11, n.2, p.239-259, 2006.
- REZENDE, F.; SOUSA, J.J.F.; BARROS, S.S. Padrões de navegação em um sistema hiperídia de mecânica básica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, vol.29, n. Especial 1, p.361-389, 2012.
- SALGADO, L.A.Z. Hiperídia: a Linguagem Prometida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DA COMPUTAÇÃO, 31, 2008, Natal. **Anais eletrônicos...** Natal: Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação (Intercom), 2008. Disponível

em: <<http://www.intercom.org.br/papers/nacionais/2008/resumos/R3-1615-1.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2013.

SPIRO, R.J.; COLLINS, B.P.; RAMCHANDRAN, A.R. Modes of Openness and Flexibility in Cognitive Flexibility Hypertext Learning Environments. In: KHAN, B.H. (Ed.). **Flexible learning in an information society**. Hershey: Information Science Publishing, 2007, p.18-25.

SPIRO, R. J.; JEHNG, J. C. Cognitive Flexibility and Hypertext: Theory and Technology for the Nonlinear and Multidimensional Traversal of Complex Subject Matter. In: NIX, D.; SPIRO, R.J. (Eds.). **Cognition, Education, and Multimedia: Exploring Ideas in High Technology**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1990, p.163-205.

VASCONCELOS, F. C. G. C. de; LEÃO, M. B. C. Utilização de recursos audiovisuais em uma estratégia flexquest sobre radioatividade. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, vol.17, n.1, p.37-58, 2012.

VERAS, U.M.C.M.; LEÃO, M.B.C. O modelo webquest no processo de ensino-aprendizagem: uma análise à luz da Teoria da Flexibilidade Cognitiva. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5, 2005, Bauru. **Anais eletrônicos...** Bauru: ABRAPEC, 2005. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/venpec/conteudo/artigos/1/pdf/p790.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2013.

WICHNOSKI, P.; ZARA, R.A. Avaliação do uso de simuladores no ensino de Circuitos de Capacitores. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 19, 2011, Manaus. **Anais eletrônicos...** Manaus: SBF, 2011. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0399-1.pdf>>. Acesso em: 18 jan. 2013.

Submetido em janeiro de 2013, aceito para publicação em setembro e 2014.