

RESEARCH OUTPUTS / RÉSULTATS DE RECHERCHE

Uma abordagem piagetiana para o planejamento do ensino de Física em cursos técnicos

Carvalho, Gabriel

Published in:
Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos

Publication date:
2010

Document Version
le PDF de l'éditeur

[Link to publication](#)

Citation for published version (HARVARD):
Carvalho, G 2010, 'Uma abordagem piagetiana para o planejamento do ensino de Física em cursos técnicos', *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, vol. 91, no. 227, pp. 105-121.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Uma abordagem piagetiana para o planejamento do ensino de Física em cursos técnicos

Gabriel de Dias Carvalho Júnior

Resumo

Tem como objetivo apresentar a Teoria dos Campos Conceituais de Gérard Vergnaud como instrumento para o planejamento e para a análise das atividades de intervenção didática em aulas de Física. A abordagem, com inspirações piagetianas, tem como foco a detecção e correção dos modelos explicativos dos estudantes. São apresentados alguns dos resultados preliminares dessa forma de intervenção didática e discutidas suas implicações na melhoria dos índices de aprovação em Física e, conseqüentemente, na inclusão social dos estudantes.

Palavras-chave: campos conceituais; planejamento do ensino; desenvolvimento cognitivo.

Abstract

A Piagetian approach to the planning of physics classes in technical courses

The article presents the Conceptual Fields Theory of Gérard Vergnaud as a tool for planning and analyzing didactic intervention activities in physics classes. The approach, with an inspiration based on Piaget, focuses on the detection and correction of the explanatory models made by the students. We present some preliminary results of this form of didactic intervention and discuss its impacts on approval rates in physics and, therefore, on students' social inclusion.

Keywords: Conceptual Fields Theory; education planning; cognitive development.

Introdução

Este trabalho apresenta uma metodologia que tem como objetivo principal a redução dos níveis de reprovação das disciplinas Física Aplicada e Mecânica Aplicada nos cursos pós-médios do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *campus* Congonhas. Tal metodologia está calcada no acompanhamento cotidiano das aquisições conceituais dos estudantes para que seja possível uma ação direta por parte do professor nas lacunas de aprendizado.

Por meio desse trabalho centrado na detecção e correção dos modelos explicativos dos estudantes, cremos, o processo ensino-aprendizagem será mais efetivo. Isso contribui significativamente para a diminuição nos níveis de reprovação das disciplinas relacionadas com a Física.

São apresentados aqui alguns dos resultados preliminares dessa metodologia de intervenção didática que ainda está em curso.

Caracterização do espaço da pesquisa

O IFMG – *campus* Congonhas oferece, hoje, três cursos noturnos: Edificações, Mecânica Industrial e Produção Industrial. Tais cursos estão compreendidos na modalidade subsequente, têm duração de dois anos e visam formar técnicos para atuarem, respectivamente, em obras e projetos da construção civil, na elaboração, execução e manutenção de sistemas

eletromecânicos e na análise, projeto, melhora e viabilização de sistemas produtivos. Têm organização curricular modular, cada um totalizando quatro módulos que abrangem duas etapas.

As disciplinas relacionadas com a Física são: 1) Física Aplicada, para todos os cursos; e 2) Mecânica Aplicada, para o curso de Mecânica. Ambas as disciplinas têm por objetivo revisar conteúdos de Física do ensino médio que servirão de base para as disciplinas técnicas abordadas nos módulos seguintes. Na disciplina Física Aplicada, para os cursos de Edificações e Produção Industrial, são trabalhados tópicos de Mecânica, Termologia e Eletromagnetismo; para o curso de Mecânica, ela aborda com mais detalhes a parte de Termologia, sobretudo conteúdos de Termodinâmica, que serão fundamentais para a compreensão de algumas disciplinas técnicas, como, por exemplo, Sistemas Térmicos, e conteúdos de Eletricidade e Magnetismo, fundamentais para outras disciplinas, como Eletrotécnica, por exemplo. Na disciplina Mecânica Aplicada são trabalhados tópicos de Mecânica, abordando-se também outros sobre elementos de máquinas.

Apesar de os estudantes já terem cumprido a educação básica formal, há uma grande defasagem em relação às competências e habilidades esperadas de sujeitos com tal nível de escolaridade, daí a oferta das disciplinas de Física Aplicada e Mecânica Aplicada já no primeiro módulo. Dessa forma, um curso que se propõe a formar técnicos em áreas específicas necessita investir fortemente no desenvolvimento cognitivo dos sujeitos durante o processo de instrução formal, a fim de reduzir-se a reprovação e a evasão nos primeiros módulos, principalmente, e, sobretudo, formar e qualificar profissionais e cidadãos conscientes e atentos às demandas da sociedade em transformação.

A Teoria dos Campos Conceituais

Gérard Vergnaud é um psicólogo pertencente à tradição piagetiana, que procura investigar o sujeito do conhecimento em resposta a uma situação de ensino. O autor procura redirecionar o foco piagetiano do sujeito epistêmico para o do sujeito-em-situação. Esse deslocamento de objeto central de análise procura responder à pergunta central de como o sujeito aprende em situação.¹

Os projetos de investigação de Piaget e Vergnaud são complementares, quando pensamos em atividades de intervenção didática em sala de aula. Com a análise do sujeito de situação, proposta por Vergnaud, podemos pesquisar e compreender melhor a evolução temporal dos sujeitos à medida que aprendem, bem como pensar em planejamentos de intervenções didáticas centradas nas características dos conteúdos que serão estudados. Para o autor, o desenvolvimento cognitivo é fortemente influenciado pelo conteúdo do ensino. A sua Teoria dos Campos Conceituais afirma que o ponto fundamental da cognição é o processo de conceitualização do real, atividade psicológica interna ao sujeito que não pode ser reduzida a

¹ Não se trata de negar a atenção que Piaget deu às situações de pesquisa em suas investigações. Para o desenvolvimento da psicologia genética, era importante que fosse estudado o sujeito em ação. No entanto, parece-nos que esse tipo de investigação foi um passo para que Piaget pudesse compreender o sujeito epistêmico, ou seja, para que fosse possível desenvolver a sua Epistemologia Genética. O interesse do autor em modelos mais gerais e descontextualizados acabou por ocultar o caráter necessariamente situado das ações humanas e as consequências disso para a análise do problema do desenvolvimento conceitual.

operações lógicas gerais, nem tampouco às operações puramente linguísticas. Para Vergnaud, o desenvolvimento cognitivo não pode ser explicado por modelos simplistas, seja recorrendo a ideias de reprodução social, seja pela emergência de estruturas inatas do sujeito ou, ainda, por meio da metáfora da mente como processamento de informação (Vergnaud, 1998, p. 173).

Por outro lado, com Piaget, possuímos dispositivos de análise dos mecanismos gerais do desenvolvimento do sujeito que podem conduzir às aprendizagens. A Teoria da Equilibração (Piaget, 1986) – com seus conceitos de assimilação, acomodação, perturbação, compensação e equilíbrio majorante – nos fornece amplas bases para explicar a emergência das novidades no curso das ações e operações de um sujeito ante um objeto de conhecimento. Essa dimensão funcional da teoria piagetiana é, em essência, preservada na Teoria de Campos Conceituais de Vergnaud, que toma como base o conceito piagetiano de esquema.

Para Vergnaud, o conhecimento está organizado em campos conceituais, cujo domínio por parte do aprendiz vai acontecendo ao longo de um extenso período de tempo, por meio da experiência, maturidade e aprendizagem (Moreira, 2002). Esses campos conceituais são recortes do mundo físico com um forte componente cultural associado. Vergnaud (1998) define como campo conceitual “um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição”.

Um ganho em se trabalhar com a Teoria dos Campos Conceituais no planejamento e na análise de situações de ensino é que essa é uma teoria que lida com o desenvolvimento cognitivo e com a aprendizagem a partir dos próprios conteúdos do conhecimento e a análise conceitual do seu domínio (Moreira, 2002). Para o autor, o objeto de ensino influencia fortemente a forma como o conhecimento é construído por parte do estudante.

Justificativas para a Teoria dos Campos Conceituais

Vergnaud apresenta três justificativas para que se utilize o conceito de campo conceitual como forma de análise para a questão da obtenção de conhecimento:

- 1) *Um conceito não se forma a partir de um só tipo de situação, o que sugere a necessidade de se diversificarem as atividades de ensino em um movimento que permita ao sujeito a aplicação de um dado conceito em diversas situações e que faça a integração entre as partes e o todo. Vários autores, como Hestenes (1996) e Kaper e Goedhart (2002), confirmam essa proposição. A necessidade de diversificação de situações cumpre um papel importante*

na conceitualização, pois fornece uma base para que os estudantes possam testar seus modelos explicativos em contextos diversos, enriquecendo tais modelos ou reformulando-os, como nos indica Vosniadou (1994).

- 2) *Uma situação não se analisa com um só conceito*, o que implica a necessidade de uma visão integradora do conhecimento. Atividades didáticas que permitam uma visão generalizante do conhecimento podem contribuir para uma melhor apropriação desse conhecimento por parte dos estudantes. Hestenes (1996) defende que a redução na quantidade dos conteúdos trabalhados em sala de aula em favor da centralização em conceitos-chave provê a chave para que os estudantes tenham tempo de construir, testar e validar seus modelos explicativos. Acreditamos que, trabalhando os conceitos que estruturam um dado campo conceitual com profundidade e durante um intervalo de tempo suficiente, fornecemos elementos para que os estudantes construam uma visão integradora do que está sendo aprendido.
- 3) *A construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo longo*, o que está em perfeita sintonia com o que Clement (2000) afirma acerca da progressão dos modelos pessoais em direção aos modelos científicos. É importante, pois, que os diversos patamares que podem ser atingidos pelos estudantes ao longo de sua instrução sejam levados em conta no desenho e na posterior aplicação de intervenções didáticas. Mesmo que falsos no plano científico, alguns modelos explicativos intermediários podem cumprir um importante papel na trajetória de aprendizagem de um dado sujeito.

Na Teoria dos Campos Conceituais, o desenvolvimento cognitivo depende fortemente da situação e da conceitualização específicas. O autor entende que a "situação" é uma tarefa, teórica ou empírica, a ser realizada pelo sujeito. Segundo Vergnaud (1990, p. 52),

o saber se forma a partir de problemas para resolver, quer dizer, de situações para dominar. [...] Por 'problema' é preciso entender, no sentido amplo que lhe atribui o psicólogo, toda situação na qual é preciso descobrir relações, desenvolver atividades de exploração, de hipótese e de verificação, para produzir uma solução.

Sendo assim, Vergnaud, ao contrário de Piaget, não procura construir uma teoria geral para o desenvolvimento; ao contrário, procura relacionar o desenvolvimento do sujeito com as tarefas que este é levado a resolver. Nota-se que, para ele, a cognição possui um componente fortemente apoiado nas situações. O autor afirma que o processo de desenvolvimento cognitivo, por ser fortemente dependente das situações a serem enfrentadas pelo sujeito, tem como cerne a construção de conceitos, ou seja, a conceitualização. A conceitualização é um processo longo, que requer uma diversificação das situações.

Conceito em Vergnaud

Se para Vergnaud a conceitualização é o cerne do desenvolvimento cognitivo, devemos, pois, compreender o que se entende por conceito na Teoria dos Campos Conceituais. Para o autor, o conceito é tido como formado por três conjuntos:

- 1) O conjunto das situações (S) que dão sentido ao conceito. A entrada em um campo conceitual se dá pelas situações responsáveis pelo sentido que é atribuído ao conceito, ou seja, um conceito torna-se significativo através de uma variedade de situações. Essa postulação de Vergnaud se inscreve no âmago de sua teoria, uma vez que o foco de análise é o sujeito-em-ação. O conjunto das situações é reconhecido como o referente do conceito. Para a construção da sequência de ensino que embasou essa pesquisa, iniciamos pela organização das situações que poderiam ser trabalhadas em sala de aula.
- 2) Os invariantes (I) sobre os quais repousa a operacionalidade dos conceitos. Esses invariantes representam aquilo que se preserva nos conceitos e que permite que sejam reconhecidos como tais nas situações. Os invariantes representam o significado do conceito.
- 3) As representações simbólicas (R) que podem ser utilizadas para indicar e representar os invariantes e, portanto, representar as situações e procedimentos para lidar com elas. São identificados como o significante do conceito.

Na determinação desses conceitos à luz da Teoria dos Campos Conceituais teremos que apresentar as situações, os invariantes operatórios e as representações. É importante perceber que o enunciado de um invariante operatório em um livro didático ou expresso pelo professor durante uma aula não significa que o aluno seja capaz de enunciá-lo, e, mesmo se o fizer, poderá fazê-lo de um modo que não corresponda ao conteúdo do conceito evocado pelo livro ou professor (Bittar, 2002, p. 7).

O esquema

Diante de uma determinada situação, o sujeito age segundo as representações que dela faz, sendo o esquema o elo entre as representações e a sua conduta. A noção de esquema é, para Vergnaud, a maior contribuição de Piaget; ele é entendido como “a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações” (Moreira, 2002). Vergnaud (1998, p. 173) afirma que “o conceito de esquema é muito frutífero, não somente para descrever comportamentos familiares, mas também para descrever e compreender os processos de resolução de problemas” e identifica quatro ingredientes de um esquema, que são:

- 1) Metas (objetivos) e antecipações, pois um esquema está orientado sempre à resolução de uma determinada classe de situações.
- 2) Regras de ação, busca por informações e controle, que são os elementos que dirigem a sequência de ações do sujeito.
- 3) Invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação), que dirigem o reconhecimento, por parte do indivíduo, dos elementos pertinentes à situação e, portanto, guiam a construção dos modelos mentais.
- 4) Possibilidades de inferência (ou raciocínios), que permitem determinar as regras e antecipações a partir das informações e dos invariantes operatórios dos quais dispõe o sujeito.

Desses ingredientes, os invariantes operatórios, cujas categorias principais são teoremas-em-ação e conceitos-em-ação, constituem a base conceitual implícita que permite obter a informação pertinente e, a partir dela e dos objetivos a alcançar, inferir as regras de ação mais pertinentes (Vergnaud, 1998, p. 168). Assim, é nos esquemas que devemos pesquisar os conhecimentos-em-ação do sujeito (os conceitos-em-ação e as teorias-em-ação), uma vez que é aí que podemos encontrar os elementos que fazem com que a sua ação seja operatória. Vergnaud prefere falar da interação esquema-situação, em vez da interação sujeito-objeto, como fazia Piaget. O esquema é um referente do sujeito do conhecimento, e a situação é a circunstância e o contexto em que o objeto a ele se apresenta.

Em Piaget, de modo semelhante, a interação sujeito-objeto não é direta, mas mediada por esquemas de assimilação de que o sujeito dispõe e lança mão ao interagir com o objeto do conhecimento. O que Vergnaud acrescenta a Piaget é uma maior ênfase ao caráter situado da conceitualização. O objeto do conhecimento será, então, sempre um objeto em situação, não existindo uma ordem total linear para as aquisições dos sujeitos.

O conceito de esquema pode conduzir a análise dos conhecimentos-em-ação do sujeito. Uma das maneiras de se verificar tais conhecimentos é por meio do acompanhamento dos diversos momentos em que os estudantes são chamados a dar respostas a problemas. É possível que se verifique, por meio da análise das estratégias utilizadas na resolução de um problema, os esquemas dos quais um determinado sujeito lança mão, bem como os modelos mentais construídos em face de novas situações. Essa análise permite compor um quadro no qual se observa a evolução temporal dos modelos explicativos dos sujeitos, inferida a partir dos conceitos-em-ação e dos teoremas-em-ação utilizados ao longo de uma atividade de ensino, de acordo com a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud.

O planejamento das atividades à luz da Teoria dos Campos Conceituais

A análise dos conteúdos da sequência de trabalho foi feita a partir da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. Apresentamos e justificamos, a seguir, o modo como nos valem desta teoria para desenvolver e refletir sobre as atividades e estratégias do curso.

A partir da análise do conhecimento a ser ensinado, certo aspecto de um campo conceitual é eleito para ser trabalhado em sala de aula. Escolhemos a distinção inicial entre força e velocidade para o começo do trabalho por entendermos ser de grande importância para o desenvolvimento do campo conceitual da Mecânica o bom entendimento do conceito de força e sua implicação para a análise dos movimentos e das situações de equilíbrio estático.



Figura 1 – Um aspecto particular de um campo conceitual

Escolhido o ponto de partida, o professor estabelece as conexões desse aspecto do conteúdo com outros, no âmbito de um campo de conceitos interligados, recorrendo às próprias convicções acerca desse domínio do conhecimento humano e aos objetivos do ensino. Planejamos as conexões entre a força e as variações no estado de movimento (aceleração) e na manutenção do equilíbrio estático, bem como nas deformações que podem ser por elas produzidas em certos objetos. Além disso, a noção de força também está inserida nos conceitos de trabalho e impulso.

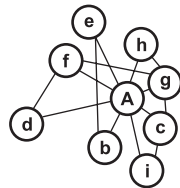


Figura 2 – Conexão entre o aspecto escolhido e as demais partes de um campo conceitual

Exploradas as possibilidades de conexões e exploração do campo conceitual, o professor estabelece um recorte no âmbito do campo previamente construído. O recorte que fizemos foi escolher a parte introdutória das três leis de Newton e suas implicações para o estudo dos movimentos das partículas.

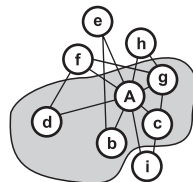


Figura 3 – Recorte da parte do campo conceitual que se quer ensinar

Por último, o professor visualiza as situações de ensino e as variáveis didáticas relevantes para a construção de uma sequência de

atividades coerentes e inter-relacionadas para o ambiente escolar, de forma cronologicamente organizada em termos de uma sequência didática. A ordem escolhida para o desenvolvimento do trabalho foi a normalmente estabelecida: conceito de força, apresentação e discussão das três leis de Newton, aplicações em situações cotidianas.

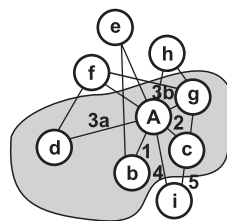


Figura 4 – Inter-relações entre os aspectos envolvidos no campo conceitual

Em todas as etapas do desenvolvimento, pensamos no estabelecimento de uma abordagem conceitual que privilegiasse a discussão dos conceitos-chave da Mecânica sem a utilização de um algebrismo estéril que, cremos, não fornece a exata dimensão do conhecimento físico (Carvalho Junior, 2005).

Conjunto de situações a compreender e a tratar

Para Vergnaud, nas situações repousa a operacionalidade dos conceitos, e, portanto, são as situações que conferem sentido a um dado conceito. Podemos entender as situações como sendo os problemas que o sujeito deve resolver.

a) Os conceitos-em-ação

Os conceitos-em-ação, tal como propostos por Vergnaud, estão relacionados a objetos, predicados, classes, condições, etc. Dentro de uma vasta quantidade de conceitos que podem estar disponíveis no repertório dos sujeitos, é selecionada uma pequena parte para cada ação. Portanto, os conceitos-em-ação podem ser adequados ou inadequados para uma dada classe de situações (Vergnaud, 1998, p.173). Esses conceitos-em-ação permanecem, em sua maioria, implícitos ao longo da ação do sujeito. Por isso, a análise dos comportamentos e das respostas dadas pelos estudantes é importante para inferirmos quais dos conceitos-em-ação estão sendo utilizados pelos estudantes.

b) Os teoremas-em-ação

Os conceitos-em-ação se articulam por meio dos teoremas-em-ação. Os teoremas-em-ação são proposições que podem ser verdadeiras ou falsas. De maneira análoga àquela apresentada para os conceitos-em-ação,

essas proposições permanecem, em sua maioria, implícitas nas ações do sujeito, podendo se tornar explícitas.

Metodologia de pesquisa e análise preliminar de dados

A execução das atividades de intervenção didática foi precedida de uma conversa com os estudantes a respeito da proposta de trabalho, suas facilitações e seus desafios. Ficou então combinado que a participação ativa de cada aluno é de fundamental importância para que o desenvolvimento do curso seja satisfatório.

A fim de acompanhar a evolução temporal das aquisições conceituais dos estudantes, são propostas atividades ao final de cada aula. As atividades são, em sua maioria, problemas de lápis e papel, com situações reais para a análise dos conceitos estudados, e podem ser individuais ou em grupo.

Cada atividade é corrigida e devolvida aos estudantes com comentário sobre acertos e erros cometidos. O início da aula seguinte é destinado aos comentários sobre os modelos demonstrados pelos alunos.

Na primeira atividade dessa natureza, envolvendo o conceito de força, cerca de 85% dos estudantes apresentavam algum problema de interpretação, que iam desde uma indiferenciação entre força e velocidade (34%) até o reconhecimento somente parcial da existência de forças atuantes em um objeto (44%). Essa atividade solicitava que os alunos reconhecessem as forças que atuam em vários objetos em situações estáticas e dinâmicas.

Após alguns momentos de discussão conceitual e realização de algumas atividades de demonstração experimental, uma segunda atividade foi aplicada nos mesmos moldes, que revelou um índice de acerto significativamente maior, com uma redução para 42% dos estudantes com problema de interpretação. Em anexo, apresentamos as duas atividades trabalhadas com relação ao conceito de força e à Primeira Lei de Newton.

Além desse resultado quantitativo, importante para o direcionamento de futuras atividades de intervenção didática, há também o aspecto qualitativo. Para todas as atividades propostas, é de se destacar o empenho demonstrado pelos estudantes em resolver os problemas e apresentar soluções corretas. As discussões nos trabalhos em grupo são permeadas por inúmeras menções aos conceitos desenvolvidos, o que denota uma tentativa de apropriação dos conteúdos trabalhados.

Não temos, ainda, resultados finais quanto à aprovação dos estudantes para comparar com a média histórica da instituição. Por isso, apresentamos somente esses resultados preliminares, que são motivadores.

Considerações finais

Vergnaud utiliza a sua Teoria dos Campos Conceituais para a investigação das estruturas multiplicativas. Essa teoria não foi concebida

no âmbito da Física, sendo esta uma aplicação dos pontos da teoria de Vergnaud que julgamos pertinentes para a pesquisa em ensino de Física.

Acreditamos que um dos pontos mais fortes da Teoria dos Campos Conceituais seja a preocupação que tem Vergnaud com o sujeito-em-situação. É essa característica que faz sua teoria ser muito útil no planejamento e na análise de situações de ensino em ciências naturais, uma vez que temos uma grande necessidade de acompanhar os alunos enquanto aprendem, procurando, nos conceitos e teoremas-em-ação, a evolução temporal de seu conhecimento.

Além disso, pelo fato de ser uma teoria complexa em que diversos conceitos devem ser considerados para que o sujeito possa dar conta de certa situação, a Teoria dos Campos Conceituais permite ao professor pensar seu objeto de ensino de forma mais global. Os conceitos estudados, o nível de profundidade das abordagens e as avaliações das aprendizagens podem ser planejados a partir da seleção das situações que deverão ser enfrentadas pelos estudantes ao longo de um determinado período de tempo.

Portanto, a Teoria dos Campos Conceituais se apresenta como referencial teórico promissor para pesquisas em que se quer focar o sujeito em ato, envolvido em tarefas de ensino e aprendizagem. Do mesmo modo, essa teoria se apresenta como ferramenta poderosa na construção de planejamentos didáticos por parte dos professores, pois os auxilia no desenho de situações de ensino, na seleção dos conceitos e teoremas-chave e suas relações, assim como na análise da evolução temporal dos modelos explicativos dos sujeitos a partir da verificação dos conceitos e teoremas-em-ação utilizados.

Esperamos que as atividades planejadas possam contribuir para potencializar o desenvolvimento dos estudantes do IFMG – *campus* Congonhas e, com isso, diminuir os índices de reprovação e aumentar ainda mais a qualificação dos formandos dessa instituição.

Referências bibliográficas

AGUIAR JUNIOR, Orlando Gomes de. *Modelo de ensino para mudanças cognitivas: um instrumento para o planejamento do ensino e a avaliação da aprendizagem em ciências*. 2001. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2001.

AGUIAR JUNIOR, Orlando Gomes de; FILOCRE, J. Modelos de ensino para mudanças cognitivas: fundamentação e diretrizes de pesquisa. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 47-67, 1999.

BITTAR, Marilena. A teoria dos campos conceituais e o ensino de vetores no ensino secundário francês. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED,

25., 2002, Caxambu. *Anais... Caxambu, 2002*. Disponível em: <<http://www.anped.org.br/reunioes/25/excedentes25/marilenabittart19.rtf>>.

CARVALHO JÚNIOR, Gabriel Dias de. Trajetória de aprendizagem de estudantes de ensino médio: produção de significados em um curso introdutório de Física Térmica. 2005. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, UFMG, Belo Horizonte.

CARVALHO JÚNIOR, Gabriel Dias de; AGUIAR JÚNIOR, Orlando Gomes de. Ensino de Física Térmica: uma abordagem do modelo de partículas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 15., 2003, Curitiba. *Atas do XV.. Curitiba : Cefet-PR, 2003*. 1 CD-ROM. p. 745-755.

CLEMENT, J. Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, v. 22, n. 9, p. 1041-1053, 2000.

HESTENES, David. Modeling methodology for physics teachers. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON UNDERGRADUATE PHYSICS EDUCATION, 1996, College Park. *Proceedings of the... College Park, MD: University of Maryland, 1996*.

KAPER, W. H.; GOEDHART, M. F. "Forms of Energy", an intermediary language on the road to thermodynamics? Part I. *International Journal of Science Education*, v. 24, n. 1, p. 81-95, 2002.

KOLB, D. A. *Experiential learning: experience as the source of learning and development*. New Jersey: Prentice Hall, 1984.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 1, 2002. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm> >

MOREIRA, M. A.; AXT, R. *Tópicos em ensino de Ciências*. Porto Alegre: Sagra. 1991.

MORTIMER, E. F. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000. v. 1.

PIAGET, J. *The equilibration of cognitive structures*. Chicago: The University of Chicago Press, 1985.

SOUSA, C. M. S. G.; FÁVERO, M. H. Análise de uma situação de resolução de problemas de Física, em situação de interlocução entre um especialista e um novato, à luz da teoria dos campos conceituais de

Vergnaud. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 1, p. 55-75, 2002. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>.

VERGNAUD, Gérard. Psychologie du development cognitif et didactique des Mathematiques: une exemple – les structures additives. *Petit X*, Grenoble, n. 22, p. 51-69, 1989-1990. Disponível em: <www-irem.ujf-grenoble.fr/revues/revue_x/fic/22/22x4.pdf>

_____. La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, v. 10, n. 23, p. 133-170, 1990.

_____. Teoria dos campos conceituais. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 1993, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro, p. 1-26.

_____. A comprehensive theory of representation for Mathematics Education. *Journal of Mathematical Behavior*, v. 2, n. 17, p. 167-181, 1998.

VERGNAUD, Gérard et al. Epistemology and psychology of mathematics education. In: NESHER, P.; KILPATRICK, J. (Eds.). *Mathematics and cognition: a research synthesis by International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. p. 14-30.

VOSNIADOU, S. Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, v. 4, p. 45-69, 1994.

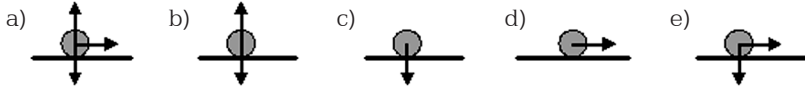
Gabriel Dias de Carvalho Júnior, doutorando em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), é coordenador de ensino e professor de Física no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) – *campus* Congonhas.
ifmgabriel@gmail.com

Recebido em 10 de agosto de 2009.

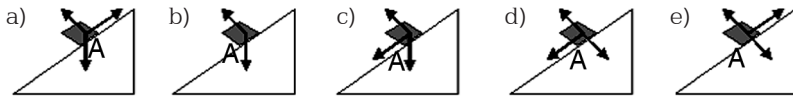
Aprovado em 15 de dezembro de 2009.

ANEXO I – Atividade inicial em Dinâmica

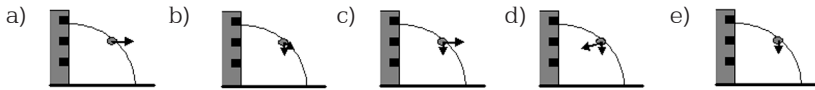
1. Um jogador de sinuca dá uma tacada numa bola com o objetivo de colocá-la numa caçapa. Marque qual das alternativas abaixo mostra a(s) força(s) que age(m) sobre a bola um pouco antes de chegar ao seu alvo. Despreze o atrito.



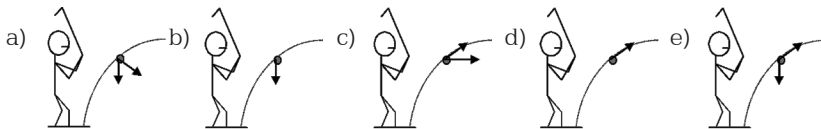
2. Um bloco é jogado de baixo para cima ao longo de um plano inclinado liso. Marque a opção que melhor representa a(s) força(s) que age(m) sobre ele, ao passar pelo ponto A, ainda subindo. Despreze o atrito.



3. Uma pedra é lançada horizontalmente da janela de um edifício. Desprezando a resistência do ar, indique a figura que melhor representa a(s) força(s) que age(m) sobre a pedra.



4. Assinale qual dos quadros abaixo representa a(s) força(s) que age(m) sobre a bolinha arremessada pelo golfista. Despreze a resistência do ar.



5. Um bloco de madeira e um balde com areia pendem livremente de uma polia, estando ambos a uma mesma altura do solo (fig. 1). O bloco é então puxado para baixo e mantido na posição mostrada na fig. 2. Soltando-se o bloco, assinale qual das afirmativas abaixo é a correta. Considere desprezível a massa da corda.

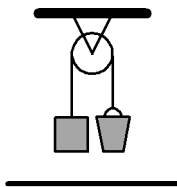


fig. 1

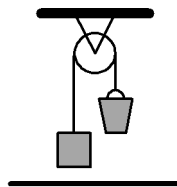
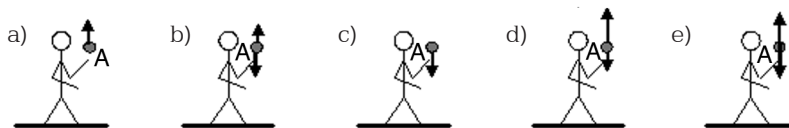


fig. 2

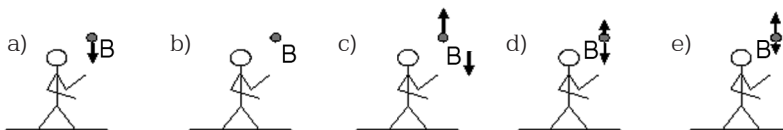
- a. () O bloco sobe e o balde desce até voltarem à posição descrita na fig. 1.
- b. () O bloco sobe e o balde desce até o balde tocar o solo.
- c. () O balde sobe e o bloco desce até o bloco tocar o solo.
- d. () O bloco e o balde permanecem na mesma posição.
- e. () O balde e o bloco oscilam em torno da posição mostrada na fig. 1, até pararem.

6. Um menino lança verticalmente para cima uma pequena esfera. Desprezando a resistência do ar, assinale a alternativa que representa a(s) força(s) que age(m) sobre a esfera em cada uma das seguintes situações.*

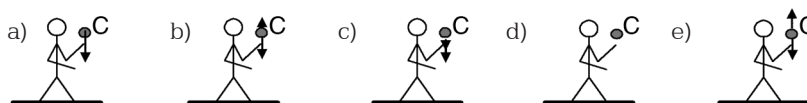
6.1 No ponto A, quando a esfera está subindo.



6.2 No ponto B, quando a esfera atinge a ponto mais alto da sua trajetória.



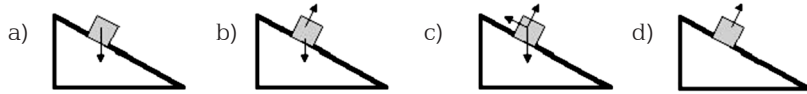
6.3 No ponto C, quando a esfera está descendo.



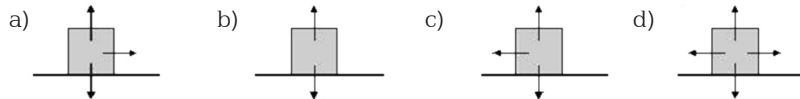
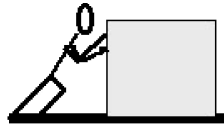
* Adaptado de: SEBASTIÀ, Jose Maria. Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigaciones y experiencias didácticas*, Barcelona v. 2, n. 2, p. 83-89, 1984.

ANEXO II – Segunda atividade em Dinâmica

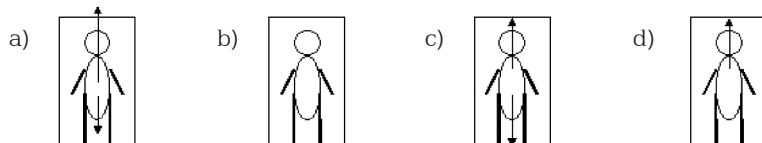
1) Um bloco é abandonado, a partir do repouso, do alto de uma rampa, e observa-se que ele passa a deslizar rampa abaixo, com *velocidade constante*. Qual das figuras melhor representa a(s) força(s) que atua(m) sobre o bloco?



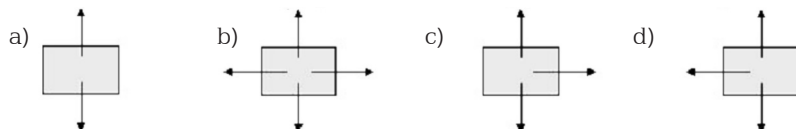
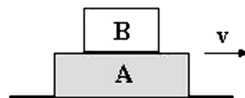
2) Um garoto exerce uma força horizontal sobre uma caixa, que está apoiada sobre uma superfície horizontal plana. Sabendo-se que a caixa permanece em repouso, qual das figuras abaixo melhor representa a(s) força(s) que atua(m) sobre a caixa?



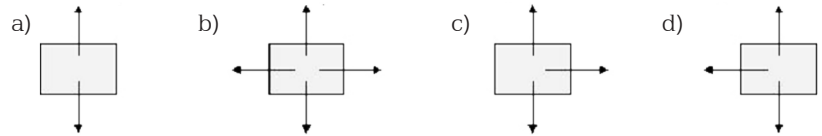
3) Um elevador está se movendo, para cima, com *velocidade constante*. Qual das figuras abaixo melhor representa a(s) força(s) que atua(m) sobre uma pessoa no interior do elevador ?



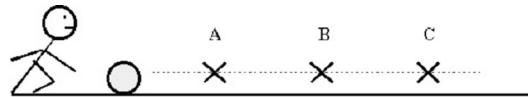
4) Dois blocos A e B, colocados um sobre o outro, movem-se para a direita, com *velocidade constante*, conforme a figura ao lado. Qual das figuras abaixo representa corretamente a(s) força(s) que atua(m) sobre o bloco de cima ?



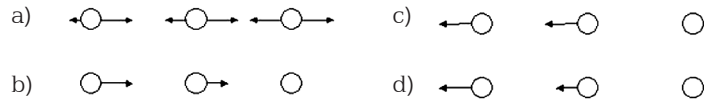
5) Ainda com relação à questão anterior, suponha que uma força externa seja aplicada apenas ao bloco de baixo (A), contrária ao sentido do movimento. Assinale a opção abaixo que representa corretamente a(s) força(s) que atuaria(m) no bloco B.



6) Um menino lança, com grande velocidade, uma bola sobre uma superfície horizontal com atrito. Os pontos A, B e C são pontos da trajetória da bola após o lançamento e no ponto C a bola está finalmente parada.



Qual dos esquemas abaixo melhor representa a(s) força(s) horizontal(ais) que atua(m) sobre a bola, nos pontos A, B e C respectivamente?



7) Uma bola é lançada verticalmente para cima, na presença do ar. Qual das figuras abaixo melhor representa a(s) força(s) que atua(m) na bola,

- I) no ponto mais alto de sua trajetória.
- II) logo após ter iniciado o movimento de queda.

