

# Múltiplos modos de comunicação e pensamento: validação de um instrumento de pesquisa

## Multimodal communication and thinking: validation of a research instrument

*Helder F. e Paula, Sérgio L. Talim, Valmária G. Filgueira*

Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG

*helderfpaula@yahoo.com.br, talim@coltec.ufmg.br,  
valmaria@gmail.com*

### Resumo

A capacidade de utilizar modos de comunicação e pensamento verbal, pictórico, gráfico e algébrico é fundamental para aprendizagem da física. Este trabalho apresenta resultados da validação de um instrumento de pesquisa baseado em questões adaptadas do FCI (*Force Concept Inventory*) para investigar diferenças no rendimento dos estudantes ao resolver questões que utilizam diferentes modos. O processo de validação consistiu de duas etapas: análise da equivalência das questões que compõem o instrumento por um grupo de cinco professores experientes; (ii) uso do instrumento em uma experiência piloto. Na confecção do instrumento, oito questões do FCI foram retextualizadas, enfatizando cada um dos quatro modos acima mencionados. A conclusão dessa fase do processo de validação é uma etapa de uma pesquisa de mestrado. O efeito desses múltiplos modos no desempenho dos estudantes em testes será confrontado com fatores sociodemográficos e interpretado à luz da Teoria de Classe de Coordenações.

**Palavras-chave:** ensino de física, modos de comunicação e pensamento, teoria de classe de coordenação, avaliação da aprendizagem.

### Abstract

The ability to use modes of communication and thought verbal, pictorial, graphic and algebraic is essential to learning physics. This paper presents validation results of a survey instrument based on questions adapted from the FCI (*Force Concept Inventory*) to investigate differences in student performance when resolving issues using different modes. The validation process consisted of two steps: analysis of equivalence of the issues that make up the instrument by a group of five experienced teachers, (ii) use the instrument in a pilot experiment. In preparing the instrument, eight FCI items were rewritten, emphasizing each of the four modes mentioned above. The conclusion of this phase of the validation process is a step in a master's research. The effect of multiple modes on students' performance on tests will be faced with sociodemographic and interpreted in the light of the Theory of Coordination Class.

**Key words:** physics teaching, modes of communication and thinking, theory of coordination class, learning assessment.

## Introdução

A habilidade dos estudantes em transitar entre vários modos de comunicação e pensamento, tais como equações, gráficos, tabelas e figuras é fundamental para a aprendizagem em ciências. Em Física, essa habilidade é uma ferramenta que contribui para a compreensão de fenômenos muitas vezes abstratos e desenvolvê-la é parte integrante do processo de ensino e aprendizagem.

Julgamos que se avançarmos nosso entendimento sobre o uso, por parte dos estudantes, desses diversos modos de representação, nós poderemos favorecer sua compreensão sobre processos físicos descritos através de representações e conceitos abstratos, além de melhorar os instrumentos utilizados na avaliação da aprendizagem. O objetivo geral daqueles que se preocupam com o problema dos múltiplos modos de representações usados na Física é o de melhorar os suportes dados aos estudantes para que eles aprendam a: (i) construir representações qualitativas de processos e problemas físicos; (ii) raciocinar sobre um processo utilizando essas representações; (iii) construir representações matemáticas com a ajuda das representações qualitativas e resolver um problema quantitativa e qualitativamente (Van Heuvelen, 1991).

Outra lista de habilidades específicas relacionadas à capacidade de lidar com múltiplas representações é a seguinte: (i) identificar as grandezas físicas envolvidas em um problema e saber como relacioná-las por meio de equações ou expressões algébricas; (ii) interpretar um gráfico corretamente e fazer previsão de como uma grandeza varia em relação à outra; (iii) explicar fenômenos físicos com embasamento teórico consistente; (iv) saber utilizar conhecimentos da física para interpretar uma situação representada por meio de figuras e esquemas.

Neste trabalho, apresentamos resultados do processo de validação de um instrumento de pesquisa baseado em questões do FCI (*Force Concept Inventory*) que foram adaptadas para investigar diferenças no rendimento dos estudantes ao resolver questões que utilizam predominantemente os modos verbal, pictórico, gráfico e algébrico. O processo de validação foi realizado com o auxílio de cinco juízes, sendo todos professores experientes e considerados *experts* em termos do conhecimento da física escolar.

O instrumento de pesquisa, cujo processo de validação é o objeto deste artigo, foi concebido em uma pesquisa de mestrado que visa estudar o efeito do formato das questões usadas em avaliações de física do ensino médio no desempenho do estudante. As questões usadas no instrumento envolvem o conteúdo da Dinâmica Newtoniana, mas nossa expectativa é a de que o efeito do formato sobre o desempenho ocorra em todos os conteúdos da física escolar. Se for realmente constatado, o efeito cuja identificação nós procuramos será analisado por meio da consideração de aspectos sociodemográficos que nos permitirão construir perfis dentre os sujeitos de nossa pesquisa, todos, estudantes de uma escola pública federal dedicada à formação técnica de nível médio. Além disso, procuraremos interpretar o possível efeito à luz da Teoria de Classe de Coordenações proposta por Andrea di Sessa.

As questões que dirigiram o processo de validação e que, portanto, podem ser consideradas como as questões que orientam a etapa da pesquisa aqui relatada, podem ser assim enunciadas: (i) os itens que compõem o instrumento e que foram produzidos a partir da retextualização de questões propostas no FCI são equivalentes em termos conceituais e são internamente coerentes do ponto de vista das informações que oferecem e das demandas que apresentam ao estudante? Os dados obtidos no estudo

piloto indicam a validade do instrumento da pesquisa ou nos remetem a sua reformulação?

## **Referencial Teórico**

### **Múltiplas Representações**

Aprender física significa também aprender a trabalhar e compreender diversas formas de representação de um fenômeno natural ou de um modelo. Conforme nos mostra Lemke (1998) a utilização de múltiplas formas de representação é uma característica das ciências naturais. Esse autor classifica e quantifica as ocorrências de ícones, diagramas, gráficos e equações que compõem uma série de artigos e publicações científicas recolhidos nos principais periódicos da área de Ciências, como é o caso da Revista Nature ou da Physical Review Letters.

Para Lemke (idem), a integração e a coordenação entre esses diferentes elementos não-verbais aos textos verbais que compõem os artigos científicos é interpretada como resultado do fato de que esses elementos participam dos mesmos processos concretos de comunicação e pensamento e, por essa razão, fazem parte da história cultural de uma determinada comunidade que os concebeu e os desenvolveu no contexto de práticas culturais concretas.

Concebendo os elementos verbais e não-verbais que compõem os textos usados nas ciências como modos de comunicação e pensamento, Kress, Jewitt e Ogborn (2001) vão afirmar que o estatuto multimodal desses textos é reflexo da natureza multimodal da cognição e da comunicação humana. Além disso, segundo esses autores, os diferentes modos de comunicação e pensamento diferenciam-se uns dos outros devido a sua especialização funcional.

Essa afirmação encontra sustentação na semiologia desenvolvida por Barthes (2007) que vai nos dizer, por exemplo, que a linguagem verbal é linear e sintagmática e que, por isso, diferencia-se das “línguas” não-verbais. Assim, as imagens são no mínimo bidimensionais e autorizam diferentes caminhos de leitura ou apreciação. Diferentemente do que ocorre no caso da linguagem verbal não estamos limitados a recepção e a interpretação sequencial de morfemas: podemos ver o todo antes de interpretar as partes.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, constatamos que os gráficos, além de serem bi ou tridimensionais, permitem o estabelecimento de relações quantitativas entre duas ou três grandezas por eles relacionadas. Aspectos visuais de um gráfico, tais como a inclinação e a área delimitada pelo eixo das abscissas são cheios de significados, de modo que os gráficos podem se tornar signos visuais de comportamentos previstos ou explicados por modelos teóricos. Assim como os gráficos, as equações algébricas também estabelecem relações quantitativas entre grandezas, previstas por uma dada teoria. O desenvolvimento algébrico dessas relações obedece a uma sintaxe diferente da que rege a produção e a interpretação de significados em gráficos, imagens e textos verbais. Além disso, as equações podem ser multidimensionais e formarem sistemas de equações sujeitos às suas próprias regras de manipulação e tratamento.

Partindo de referenciais teóricos diferentes dos autores citados, todos vinculados com os estudos da linguagem, a semiótica ou a semiologia, Meltzer (2005) vai reafirmar a centralidade do uso de múltiplas representações nas ciências e a necessidade de aprofundarmos nossa compreensão sobre o papel das mesmas na educação em ciências.

Segundo esse autor, *não há nenhuma compreensão puramente abstrata de um conceito físico, esse conceito sempre é expresso em alguma forma de representação*. É o mesmo tipo de afirmação que encontramos em D'Amore (2005) quando ele nos diz que não existe noesis sem semiosis, isto é, não existe pensamento puro ou pensamento não mediado por representações ou signos.

Ao crermos nesse ponto de vista, somos levados a concordar com Van Heuvelen (2000) quando eles afirmam que *uma importante meta no ensino de física é ajudar os estudantes a aprender a construir representações verbais, pictóricas, físicas e matemáticas de um processo físico e aprender a transladar entre essas representações*.

Van Heuvelen (1991) relata a importância de se desenvolver habilidades em trabalhar com múltiplas representações em física e a capacidade dos estudantes em transladar entre essas representações. Duval (2006), analisando os desafios da educação matemática, vai afirmar algo parecido ao dizer que a identificação e a compreensão dos objetos matemáticos emergem da operação de conversão entre diferentes registros semióticos, que é o termo utilizado por esse autor para designar a linguagem verbal, os gráficos, as equações e todos os outros modos de comunicação e pensamento usados na matemática.

Dentre as pesquisas nessa área, consideramos particularmente marcante o trabalho de Meltzer (2005). Destacando as representações Verbal, Matemática, Gráfica, Pictórica e Diagramática, cujo papel no ensino da física foi discutida em Van Heuvelen (2000) Meltzer (idem) apresenta e analisa uma variedade de métodos de investigação destinadas a especificar o papel dessas representações no raciocínio dos estudantes. Nesse mesmo artigo, Meltzer constata que é maior a quantidade de respostas corretas em questões sobre a Terceira Lei de Newton apresentadas verbalmente do que nas questões em que o mesmo conteúdo é apresentado sob a forma de diagramas e vetores (pictórico). Além disso, o padrão das respostas incorretas nesses dois tipos de formatos é diferente.

Dentro da mesma linha de pesquisa, Kohl e Finkelstein (2005) examinaram a performance dos estudantes ao resolverem questões semelhantes de um mesmo conteúdo e apresentadas sob diferentes formatos: Gráfico, Matemático, Verbal e Pictórico. Nessa pesquisa, os autores compararam o desempenho de grupos de estudantes que receberam aleatoriamente as questões em formatos diferentes com o desempenho de estudantes que puderam escolher o formato da questão para trabalharem. Concluíram que o desempenho dos estudantes depende fortemente do formato em que a questão é apresentada e que a possibilidade da escolha do formato pode favorecer o desempenho dos estudantes em uma situação e não favorecer em outras.

Em um segundo trabalho, Kohl e Finkelstein (2006) aprofundaram o estudo do desempenho dos estudantes em diferentes formatos de questões separando o efeito da estratégia de ensino com o efeito do conteúdo estudado. A conclusão desse estudo é que a habilidade em usar várias representações dentro de um contexto é maior em estudantes do curso introdutório de física que tiveram o currículo reformulado do que em estudantes do curso tradicional.

A análise dos dados resultados das pesquisas acima mencionadas nos levou a acreditar no potencial da Teoria de Classe de Coordenação proposta por Andrea diSessa para a compreensão de um possível efeito do tipo de representação para a compreensão de um fenômeno físico. Essa teoria, apresentada brevemente na próxima seção, sugere que a identificação dos conceitos físicos mobilizados na interpretação de um dado fenômeno

depende do tipo de observação que o estudante faz e do modo como essa observação evoca conexões em sua rede causal. Pelo fato dessas conexões serem dependentes do contexto acreditamos que modos diferentes de apresentação de um problema possam afetar a compreensão do mesmo.

## **Teoria das Classes de Coordenação**

As percepções que os estudantes carregam do mundo e o modo como eles interpretam os fenômenos naturais cotidianamente estão fortemente presentes no processo de aprendizagem em Ciências. Suas concepções muitas vezes contrastam com o conhecimento científico ensinado na escola. Na literatura, tais concepções são designadas por diferentes expressões como: conceitos intuitivos, concepções espontâneas, pré-concepções ou concepções erradas (*missconceptions*). Segundo Smith et al. (1993/1994), as concepções não escolares: (i) compõem estruturas cognitivas estáveis; (ii) diferem das concepções dos especialistas; (iii) afetam, em sentido fundamental, como os estudantes entendem os fenômenos naturais e explicações científicas; (iv) precisam ser modificadas ou substituídas para que os estudantes compreendam os fenômenos sob a óptica da física.

No ensino de Física, o estudante chega à sala de aula com conceitos formados sobre força e velocidade que explicam, sob uma perspectiva alternativa às ciências naturais, uma variedade de fenômenos do dia a dia. Às vezes, esses conceitos não são tão consistentes e nem gerais, porém, apresentam uma vasta aplicabilidade para dar conta de explicar e prever fenômenos.

De acordo com DiSessa (1998), os conceitos constituem uma rede de nós que podem ser conectados de vários modos. Determinados conceitos podem ser categorizados, como por exemplo, pássaro: ser vivo que possui penas, bico e voa. Criada essa categoria, pode-se concluir que beija-flor, pardal e canarinho devem ser conceitualmente concebidos como pássaros.

Alguns tipos de conceitos, em Ciências, são mais difíceis de serem resumidos à categoria é o caso do conceito de velocidade. Podemos definir velocidade por seu módulo ou pela comparação entre velocidades de diferentes objetos. Inerente ao conceito de velocidade está a noção de tempo e de distância. Para explicar a formação desse conceito podemos utilizar a Teoria de Classes de Coordenação que concebe certos conceitos, conhecidos como classes de coordenação, como meios sistematicamente conectados de se obter e interpretar informações sobre o mundo.

Na realização de uma tarefa, o indivíduo tenta verificar as características do problema atual e relacioná-las com informações que estão disponíveis ou que ele sabe como alcançar. Porém, essas características podem variar de situação em situação. Mesmo dentro de uma dada situação pode haver diferentes combinações de informação relacionadas por diferentes formas de raciocínio ou modos de conceber estratégias para a resolução do problema.

Essas classes de coordenação podem ser interpretadas a partir das noções de integração e invariância. A primeira refere-se ao fato de que, em uma dada situação, um conceito deve ser reconhecido em diferentes formas. O segundo refere-se ao fato de que um mesmo conceito deve ser reconhecido de maneira confiável em diferentes contextos através de exemplos e situações.

De acordo com DiSessa, a forma como o estudante vê o mundo e cria sua explicação para os fenômenos interfere em como se dá a mudança conceitual. Segundo esse autor,

os raciocínios intuitivos em Física são construídos a partir de pequenas estruturas fragmentadas chamadas *p-prims* ou primitivos fenomenológicos. Os *p-prims* contrastam com o novo conhecimento e por não terem uma estrutura solidificada são utilizados em situações bem diversas. Por relacionarem-se diretamente com o fenômeno e uma vez que aplicações de um conhecimento científico são utilizadas em uma rica variedade de contextos, os *p-prims* não dão conta de identificar a solução de um problema através de uma visão mais geral dos conceitos.

## Metodologia e Resultados

Para formulação das questões dos testes, partimos de itens que compõem o FCI (*Force Concept Inventory*) produzido pelo grupo do pesquisador e professor David Hestness (1992). Trata-se de um conjunto de itens de múltipla escolha já utilizados e validados em um bom número de pesquisas educacionais ao longo dos últimos 20 anos (Hestenes, 2006). Tais itens são classificados segundo determinado conjunto de aspectos da dinâmica. Muitos desses itens são híbridos no sentido de que utilizam mais de um formato ao mesmo tempo. A adaptação que fizemos nesses itens consiste em minimizar esse hibridismo criando novos itens que utilizam predominantemente um dos formatos de cada vez. Assim, cada item do FCI por nós escolhido deu origem a quatro novas versões identificadas pelos seguintes formatos: Algébrico-Verbal, Gráfico-Verbal, Pictórico-Verbal e Verbal Puro. A presença obrigatória do formato verbal nos enunciados é minimizada nas alternativas que podem ser exclusivamente algébricas, gráficas ou pictóricas.

Iniciamos o processo de retextualização trabalhando sobre 17 itens do FCI. Nossa intenção era a de que as quatro novas versões de cada item a ser adaptado fossem equivalentes em termos conceituais e internamente coerentes do ponto de vista das informações que oferecem e das demandas que apresentam aos estudantes. O trabalho de retextualização não foi concluído em 9 desses 17 itens, simplesmente porque não conseguimos gerar quatro formatos equivalentes para esses itens. Sendo assim, apenas duas ou três novas versões desses 9 itens foram produzidas.

Depois de prontos, os itens adaptados passaram pela validação de juízes. Os professores de Física do Ensino Médio, convidados a participar dessa fase da pesquisa analisaram as questões quanto ao seu conteúdo, sua linguagem e a homogeneidade das informações apresentadas nos quatro formatos. Suas sugestões foram avaliadas e alterações nas versões originais dos itens foram realizadas. Dentre as contribuições dessa fase da validação destacam-se:

- A mudança do nome dos formatos que eram: Verbal, Matemático, Gráfico, e Pictórico para: Verbal-Puro, Algébrico-Verbal, Gráfico-Verbal, Pictórico-Verbal.
- A exclusão de questões que não contemplavam os quatro formatos.
- A retirada de figuras, características do formato Pictórico-Verbal, que não acrescentavam informações essenciais ao enunciado das questões nos formatos: Verbal-Puro, Algébrico-Verbal e Gráfico-Verbal.

Optamos por utilizar apenas questões que contemplavam os quatro formatos e assim passamos a trabalhar com 8 itens em cada um dos quatro testes constituídos a partir de apenas um dos quatro formatos.

A dificuldade que enfrentamos no processo de retextualização para gerar quatro novas versões de cada um dos 17 itens originalmente selecionados pode ser compreendida a

partir do conceito de especialização funcional dos modos (KRESS, et al., 2001, LEMKE, 1998, BARTHES, 2007). Desde esse ponto de vista, fomos levados à conclusão de que alguns itens originais eram por demais dependentes dos formatos pictórico, gráfico ou algébrico, de modo que a produção de novas versões dos itens que excluía a possibilidade de utilização de alguns desses formatos produzia questões não equivalentes em termos conceituais ou não coerentes do ponto de vista do tipo de informação e do tipo de demanda apresentada ao estudante.

A participação dos juízes na primeira fase do processo de validação foi muito importante para que chegássemos a essa conclusão, uma vez que também eles identificaram a dificuldade de produzir as quatro versões nos formatos requeridos para todos os itens originais.

Os quatro testes, com oito questões cada, que foram concebidos a partir de cada um dos quatro formatos mencionados, foram usados em um estudo piloto ao serem aplicados em 70 alunos do Ensino Médio de uma escola particular de Belo Horizonte.

Os testes foram aplicados aos alunos aleatoriamente, ou seja, cada aluno fez um teste com 8 itens de apenas um formato, mas em média, cada tipo de teste foi respondido por um quarto dos estudantes (cerca de 17 estudantes por formato de teste). Após cada item do teste havia um espaço em branco para que os alunos comentassem eventuais dificuldades percebidas na compreensão da questão quanto à linguagem, figuras e outras características que poderiam prejudicar a leitura e compreensão do enunciado ou das alternativas apresentadas na questão. Além disso, o aplicador do teste é um dos autores deste artigo e o responsável direto pela condução da pesquisa que constitui um requisito parcial para a obtenção do título de mestre em educação na linha de pesquisa Educação e Ciências. Nessa condição, o aplicador esteve especialmente atento a eventuais dificuldades de interpretação enfrentadas pelos estudantes além de ter solicitado aos mesmos que se manifestassem caso esse tipos de dificuldade aparecesse.

Em relação à linguagem utilizada nos itens ou ao conteúdo das mesmas o estudo piloto não revelou qualquer necessidade de se fazer mudanças. Esse resultado pode ser atribuído à experiência dos juízes que participaram da primeira fase do processo de validação do instrumento e ao seu conhecimento das características culturais dos estudantes do ensino médio.

Além dos testes, o estudo piloto teve como objetivo testar e validar um questionário socioeconômico. Esse também não sofreu alterações depois de sua aplicação.

Para análise quantitativa dos dados do estudo piloto utilizamos um programa de estatística aplicado às Ciências Sociais, Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). Os dados coletados com as respostas dos alunos no questionário e no teste, bem como a correção e nota total no teste (número de questões corretas) foram tabulados no banco de dados do SPSS. Utilizamos uma análise de variância (ANOVA) para verificar a diferença na média da nota total no teste para cada tipo de prova.

Como resultado dessa análise, não identificamos diferenças significativas entre as médias em nenhum dos parâmetros de comparação utilizados, tais como a série do ensino médio cursada pelos estudantes ou seu gênero. Esse resultado contraria estudos anteriores mencionados na seção de referencial teórico. Todos esses estudos são unânimes em apontar positivamente para o efeito do formato das questões no desempenho dos estudantes. Todavia, acreditamos que o mesmo não deve ser levado em conta por causa do pequeno tamanho da amostra e pelo fato de que o desempenho médio dos alunos que foi menor do que 40% de acerto. Por outro lado, a inexistência do

efeito do formato no desempenho pode ser interpretada como um sinal da equivalência relativa dos itens concebidos nos diferentes formatos. A equivalência dos itens em termos conceituais, bem como em termos da coerência interna do ponto de vista das informações que os itens oferecem e das demandas que apresentam aos estudantes é uma característica importante do instrumento. O processo de validação indicou positivamente para a existência desse tipo de equivalência e, nesse sentido, julgamos ter dado um passo importante no desenvolvimento de nossa pesquisa.

## **Conclusões e implicações**

A habilidade de compreender e utilizar múltiplos modos de pensamento e linguagem e transladar ou promover conversões entre eles é essencial para a compreensão de fenômenos físicos. Estudar como o desempenho dos estudantes em testes de física está relacionado com formato do item (Verbal-Puro, Algébrico-Verbal, Gráfico-Verbal, Pictórico-Verbal) e relacionar esse desempenho com fatores sociodemográficos é o objetivo da pesquisa de mestrado, em fase de desenvolvimento, da qual a validação do instrumento discutida neste artigo faz parte.

Na primeira etapa do processo de validação do instrumento, cinco professores experts, no que se refere ao ensino da física em nível médio, avaliaram as questões retiradas do FCI e adaptadas para atender aos múltiplos modos de comunicação e pensamento que investigamos em nossa pesquisa. As contribuições dessa fase foram bastante válidas, pois nos conduziram à realização de adequações na linguagem dos testes e na forma de caracterizar cada formato. Além disso, foram retiradas as questões que não atendiam aos quatro formatos permitindo maior coerência do instrumento.

Na segunda etapa da validação do instrumento, um estudo piloto foi feito com 70 alunos do ensino médio, aproximadamente 23 alunos por série e desses alunos  $\frac{1}{4}$  resolveu o teste em um formato específico. Não houve dúvidas em relação à linguagem ou dificuldades na interpretação das questões. E também não foram identificadas diferenças nas notas médias entre os quatro diferentes testes. Além disso, a nota média nos testes foi baixa. Encontramos duas hipóteses para esse resultado: (i) os alunos que participaram do estudo piloto nunca tinham participado de uma pesquisa utilizando testes como coleta de dados e todo teste que eles realizavam até então eram avaliados com notas. Assim, o empenho para responder às questões pode ter sido baixo; (ii) o fato da nota média nos testes ter sido baixa e a utilização de uma amostra pequena podem ter contribuído para a ausência de diferença entre o desempenho em testes com distintos formatos.

A primeira hipótese nos parece menos plausível, já que a relação entre alunos e professor é boa e a maioria dos estudantes, após terem entregado o teste, queria saber o gabarito do mesmo, bem como discutir as respostas que haviam dado.

Se a segunda hipótese for confirmada, ao utilizarmos uma amostra maior, encontraremos diferenças mais significativas nas notas médias entre os formatos. Além disso, os alunos da escola onde a pesquisa será desenvolvida possuem um melhor rendimento escolar e maior engajamento no aprendizado das ciências, em relação aos estudantes da escola onde foi feito o estudo piloto.

## Anexo I: Exemplo de questão do FCI retextualizada em quatro formatos distintos.

### FORMATO VELBAL PURO

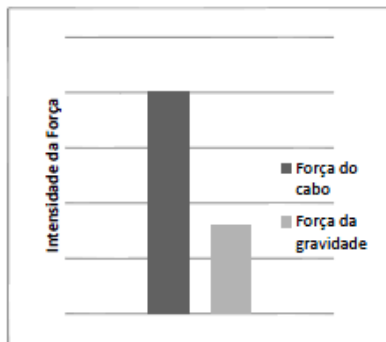
Um elevador está sendo puxado para cima a uma velocidade constante por um cabo de aço preso a um eixo. Todos os efeitos do atrito são insignificantes. Nesta situação as forças no elevador são tais que:

- A) A força exercida para cima pelo cabo é maior do que a força exercida para baixo pela gravidade.
- B) A força exercida para cima pelo cabo é igual à força exercida para baixo pela gravidade.
- C) A força exercida para cima pelo cabo é menor do que a força exercida para baixo pela gravidade.

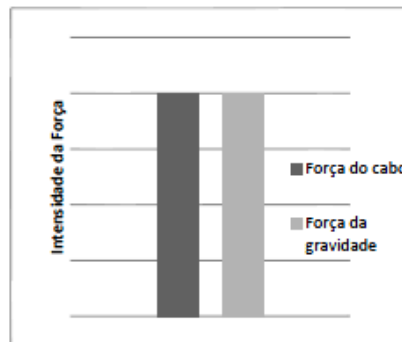
### FORMATO GRÁFICO-VERBAL

Um elevador está sendo puxado para cima a uma velocidade constante por um cabo de aço preso a um eixo. Todos os efeitos do atrito são insignificantes. Nesta situação as forças no elevador são tais que:

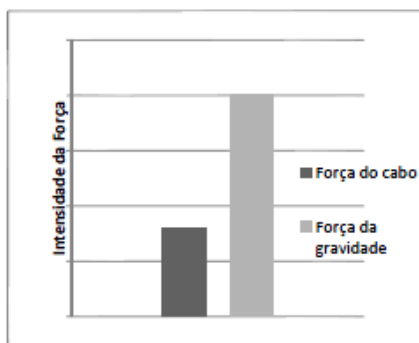
A)



B)



C)



## FORMATO ALGÉBRICO-VERBAL

Um elevador está sendo puxado para cima a uma velocidade constante por um cabo de aço preso a um eixo. Todos os efeitos do atrito são insignificantes. Sejam:

$F_C$  = Força exercida pelo cabo do elevador para cima.  $F_G$  = força da gravidade exercida para baixo.

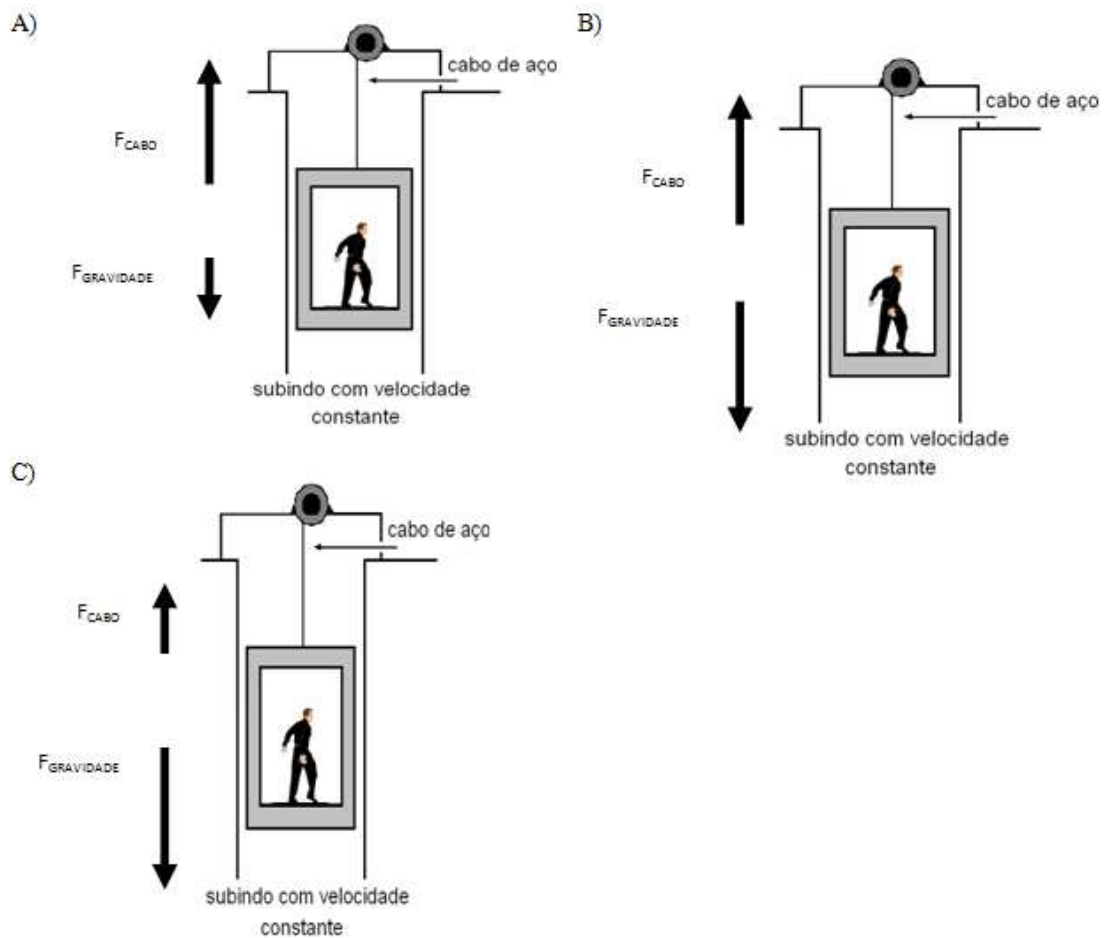
A)  $F_C > F_G$

B)  $F_C = F_G$

C)  $F_C < F_G$

## FORMATO VERBAL – PICTÓRICO

Um elevador está sendo puxado para cima a uma velocidade constante por um cabo de aço preso a um eixo. Todos os efeitos do atrito são insignificantes. Nesta situação as forças no elevador são tais que:



## Referências bibliográficas

BARTHES, Roland. **Elementos de Semiologia**. Tradução de Maria Margarida Barahona. Lisboa: Edições 70 Ltda, 2007.

D'amore, B. **Epistemologia e Didática da Matemática**. Tradução de Maria Cristina Bonomi Baruli. São Paulo, Escrituras Editora, 2005.

DiSESSA, A. and SHERIN, L. **What changes in conceptual change?**, International Journal of Science Education, 20: 10, 1155-1191, 1998.

DUVAL, R. **A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics**. Educational Studies in Mathematics, Springer, 61: 103–131, 2006.

HESTENES D., Wells M., and Swackhamer G. Force Concept Inventory. **The Physics Teacher**, Vol. 30, March 1992, 141-158.

KOHL, P. B.; FINKELSTEIN, N. D. Student representational competence and self-assessment when solving physics problems. **Physics Education Research**, n 1, 2005.

KOHL, P. B.; FINKELSTEIN, N. D. Effect of instructional environment on physics students' representational skills . **Physics Education Research**, n 2, 2006.

KRESS, G., JEWITT, C., OGBORN, J. and TSATSARELIS, C. **Multimodal teaching and learning: the rhetorics of the science classroom**. London: Continuum, 2001.

LEMKE, J. L. Multiplying meaning: Visual and verbal semiotics in scientific text. In: J. R. Martin & R. Veel (eds), **Reading Science**. London, Routledge, 1998, pp. 87–113.

MELTZER, D. E. Relation between students' problem solving performance and representational format. **American Journal of Physics**. v.73, n.5, p 463-478, Maio, 2005.

LEVRINE, O., DiSESSA, A. How students learn from multiple contexts and definitions: Proper time as coordination class. **Physical Review Special Topics – Physics Education Research**, n 4, 2008.

VAN HEUVELEN, A. Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies. **American Journal of Physics**. v.59, n.10, p 891-897, Outubro, 1991.

VAN HEUVELEN, A. Multiple representations of work-energy processes. **American Journal of Physics**. v.69, n.2, p. 184-194, Fevereiro, 2000.

WITTMANN, M. The object coordination class applied to wavepulse: Analysing student reasoning in wave physics. **Internation Journal of Science Education** 24:1, 97-118, 2002.