

Utilizando o eye-tracking para caracterizar a leitura de textos multimodais de livros de física

Using eye-tracking to investigate physics multimodal textbooks reading

Esdras Garcia Alves

IFMG – Congonhas, FAE/UFMG
egafisica@yahoo.com.br

Eduardo Fleury Mortimer

FAE/UFMG

Resumo

Os textos dos livros didáticos de física são compostos por múltiplos modos de comunicação. A utilização conjunta dos diversos modos permite à física desenvolver teorias gerais, ao mesmo tempo em que a mantém em contato com seu objeto de estudo empírico. Compreender a física, portanto, implica entender as informações comunicadas por esses múltiplos modos. Nesse trabalho apresentamos os resultados parciais de uma pesquisa de doutorado que procura caracterizar a forma como professores e estudantes leem textos multimodais de física. Utilizando uma ferramenta de rastreamento ocular (*eye-tracking*) percebemos que o texto verbal parece cumprir um importante papel na organização da leitura do texto multimodal. Além disso, foi possível observar que as particularidades do modo influenciam a atenção que os leitores dão a ele.

Palavras chave: MULTIMODALIDADE, MODOS SEMIÓTICOS, CAMINHO DE LEITURA, EYE-TRACKING

Abstract

Physics textbooks are composed by multiple semiotic modes. The use of various modes allows physics to develop general theories as it holds connections with its object of empirical study. Understanding physics, therefore, involves to understand the informations shred through these multiple modes. Here in we present the partial results of a doctoral research that seeks to characterize teachers and students multimodal reading of physics textbooks. Using eye-tracking we notice that verbal text seems to play an important role in organizing multimodal reading of texts. In addition, it was possible to observe that mode's particularities influence the attention that the readers give to it.

Key words: MULTIMODALITY, SEMIOTIC MODES, READING PATH, EYE-TRACKING

Introdução

Nos livros didáticos de física, a abordagem dos temas envolve o uso de múltiplos modos de comunicação, como textos verbais, fotografias, diagramas, gráficos, tabelas e expressões algébricas. Há, inclusive, temas onde todos esses modos semióticos (KRESS, 2009) são utilizados simultaneamente. Essa utilização conjunta parece estar relacionada às potencialidades e limitações de cada modo (KRESS, 2003), afinal, determinados modos são mais adequados para comunicar certos tipos de significados que outros.

Isso fica evidente em Doran (2018), que procura apresentar as características dos textos verbais, das expressões algébricas, dos diagramas e dos gráficos, que os tornam úteis na construção e na organização do conhecimento na física. A conclusão desse autor é que cada modo contribui de forma particular para que a física seja capaz de produzir teorias abrangentes, ao mesmo tempo em que se mantém em contato com o mundo empírico. A física seria, portanto, inerentemente multimodal, o que significa que aprender e ensinar física passa, necessariamente, pelo domínio dos diferentes modos de comunicação por ela utilizados (LEMKE, 1998).

Considerando que os livros didáticos de física se constituem como produções inerentemente multimodais, há algumas questões que se tornam pertinentes quando pensamos sobre sua leitura: como se dão as interações dos leitores com os diferentes modos de comunicação utilizados no texto? Existe a predominância de um modo sobre o outro ou todos assumem o mesmo *status* no texto? Essas são algumas questões que procuraremos responder, ainda que parcialmente, neste trabalho.

Este trabalho apresenta os resultados parciais de uma pesquisa de doutorado que está em andamento. Nessa pesquisa estamos acompanhando professores e estudantes de nível universitário na leitura de um texto didático multimodal na tela de um computador. Esse computador permite acompanhar o olhar do leitor (*eye-tracking*) durante a leitura, possibilitando visualizar a forma como o leitor interage com o texto. Nossos achados indicam que parece haver uma predominância do texto verbal na organização da leitura do texto multimodal e que há diferenças marcantes nos tempos dedicados à leitura de cada tipo de modo.

Referencial teórico

A física tem por objeto de estudo o mundo natural e os fenômenos que nele ocorrem. Pensar sobre esses fenômenos, explica-los e prever sua ocorrência, demanda a construção de modelos do mundo físico (SILVA e MORTIMER, 2009). Tais modelos são constituídos por entidades e processos pertencentes ao mundo das teorias e modelos – um mundo concebido, teórico – e ao mundo dos objetos e eventos – um mundo vivido, empírico. A física, portanto, precisa ser capaz de construir o mundo concebido, bem como transitar entre os dois mundos. Doran (2018) afirma que ela alcança essas capacidades por meio do uso da linguagem, da matemática e das imagens. A utilização conjunta desses três elementos permite à física elaborar teorias gerais e abrangentes, que integram um grande número de fenômenos, aparentemente distintos, sob um mesmo modelo teórico, e ao mesmo tempo se manter em contato com o mundo empírico.

A linguagem (entendida como texto verbal) é para Doran (2018) o recurso padrão para interpretar os significados construídos pela matemática, imagens e outros recursos. Esse autor mostra como ela é sempre utilizada em conjunto com os demais modos nos textos de avaliação dos estudantes, nos livros didáticos e nos discursos na sala de aula. Para Doran

(2018), a metáfora gramatical e a tecnicidade são os dois recursos linguísticos básicos que a física utiliza na construção e na organização de seu conhecimento. Pela utilização da metáfora gramatical a física afasta os elementos construídos em seu discurso de suas fontes contextuais. A tecnicidade, por outro lado, trabalha para ampliar a gama de significados associados a determinado termo.

A interação da linguagem com a matemática é um fenômeno bastante comum e possibilita que os símbolos matemáticos sejam investidos de significados, tornando as expressões algébricas conjuntos extremamente compactos, com muitos significados condensados. Os dois gêneros matemáticos descritos por Doran (2018) – quantificações e derivações – permitem à física partir de teorias gerais para exemplos numéricos de situações do mundo vivido, bem como desenvolver novas relações entre símbolos e grandezas, respectivamente.

As imagens oferecem à física a possibilidade de apresentar várias redes de significados intrincados em um único elemento (DORAN, 2018). Os diagramas podem realizar vários significados e exibir diversas relações visualmente ao mesmo tempo, contribuindo também para a condensação de significados. Na medida em que palavras são utilizadas nos diagramas, o texto verbal pode utilizar-se desses elementos para estabelecer novas relações entre o que está representado no diagrama e o que está dito no texto. Os gráficos, diferentemente das quantificações na matemática, possibilitam um movimento do empírico para o teórico, pois permitem aproximar o modelo teórico do padrão dos dados empíricos representados (DORAN, 2018).

Se por um lado a utilização de vários modos contribui para a organização e o desenvolvimento do conhecimento na física, por outro ela aumenta o trabalho semiótico a ser realizado pelo interlocutor (KRESS, 2003). Isso nos leva a pensar na questão da integração dos vários modos, pois a forma como determinado modo é utilizado afeta os demais (MORO et al., 2015).

A integração dos diferentes modos de comunicação afeta diretamente o caminho de leitura (KRESS, 2003) disponibilizado para o leitor. Em um texto puramente verbal o caminho de leitura é mais ou menos linear (de cima para baixo e da esquerda para a direita, considerando a escrita ocidental). Em um texto multimodal não haveria essa linearidade, em princípio, uma vez que todos os modos já se apresentam instantaneamente ao leitor. Considerando que os estudantes – principais destinatários dos livros – se encontram em um processo de aprendizado sobre como ler e interpretar os textos multimodais de física, parece necessário auxiliá-los em sua tarefa por meio da indicação de um caminho de leitura explícito; uma espécie de educação da atenção do leitor.

Ingold (2008) utiliza o termo educação da atenção para se referir à forma como uma geração contribui com a cognoscibilidade da seguinte. Para ele, essa contribuição não se dá pela transmissão de representações, mas pela criação de ambientes e situações em que os novatos possam experienciar as atividades de ensino de forma apropriada. Em cada geração sucessiva os aprendizes aprendem ao serem expostos a uma situação em que, enfrentando diferentes tarefas, se lhes mostra o que fazer e a que estarem atentos, sob a tutela de pessoas mais experientes.

O ponto que nos parece importante aqui é que o autor do texto, no papel da mão mais experiente, deveria conduzir o aprendiz ao longo da leitura, auxiliando-o a se atentar aos aspectos importantes que devem ser considerados na leitura, indicando um caminho de leitura que privilegie a integração adequada dos diferentes modos semióticos empregados no texto.

Metodologia

Escolhemos como material de leitura o texto sobre forças de atrito do livro Física I, de Young e Freedman (2008). Trata-se de um texto distribuído ao longo de quatro páginas, composto por texto verbal, fotografia, diagrama, tabela, gráfico e expressão algébrica. A escolha por essa obra se baseou nessa diversidade de modos e no fato de Caldas (1999) afirmar que o texto didático de Sears e Zemansky, cuja edição continua com Young e Freedman (2008), trata das forças de atrito com um maior cuidado conceitual.

Esse texto foi apresentado aos leitores na tela de um computador que possui um sistema de rastreamento ocular (*eye-tracking*). Enquanto liam o texto, as posições dos olhos dos leitores sobre a tela eram gravadas pelo computador, possibilitando a posterior reconstrução do caminho de leitura trilhado.

As páginas do texto podiam ser roladas, pelo leitor, como uma página de internet, dando a ele o controle sobre sua leitura. Ao todo participaram da coleta 49 voluntários, entre professores e estudantes, conforme descrito na Tabela 1.

Participante	Quantidade
Professor do Ensino Superior	12
Professor do Ensino Médio	5
Estudante de Doutorado (Física)	2
Estudante de Mestrado (Física)	2
Estudante de Física	16
Estudante de Matemática	3
Estudante de Química	2
Estudante de Química Tecnológica	3
Estudante de Engenharia de Minas	1
Estudante de Engenharia Química	1
Estudante de Engenharia Civil	1
Estudante de Ciência da Computação	1

Tabela 1: Quantidade e diversidade de participantes da pesquisa.

Resultados e discussões

Ao acompanhar a leitura dos diferentes participantes percebemos que o texto verbal parece organizar a leitura do texto multimodal, em acordo com a afirmação de Doran (2018) de que a linguagem é o recurso padrão para interpretar os significados construídos pela matemática, imagens e outros recursos. Esse resultado se afasta um pouco da visão de Kress (2003) e Kress et al. (2001), de que em um texto multimodal não seria possível atribuir diferentes graus de importância a diferentes modos - todos os modos seriam igualmente significativos,

consideradas suas potencialidades e limitações. Também se afasta da afirmação de Baldry e Thibault (2006) de que o leitor é livre para ir para frente e para trás no texto multimodal, escolhendo a que se atentar, e que os textos científicos multimodais oferecem múltiplos caminhos de leitura. De fato, todos os modos se apresentam instantaneamente ao leitor no momento em que ele visualiza a página, mas a compreensão do texto passa, necessariamente, pela integração entre o texto verbal e os demais modos.

A Figura 1 mostra como as movimentações de um leitor se dão muito mais entre um trecho de texto verbal e os modos diretamente associados a ele, do que entre modos quaisquer presentes na página (nessa figura os círculos são fixações do olhar em um ponto e as linhas são deslocamentos rápidos do olhar entre uma fixação e outra).

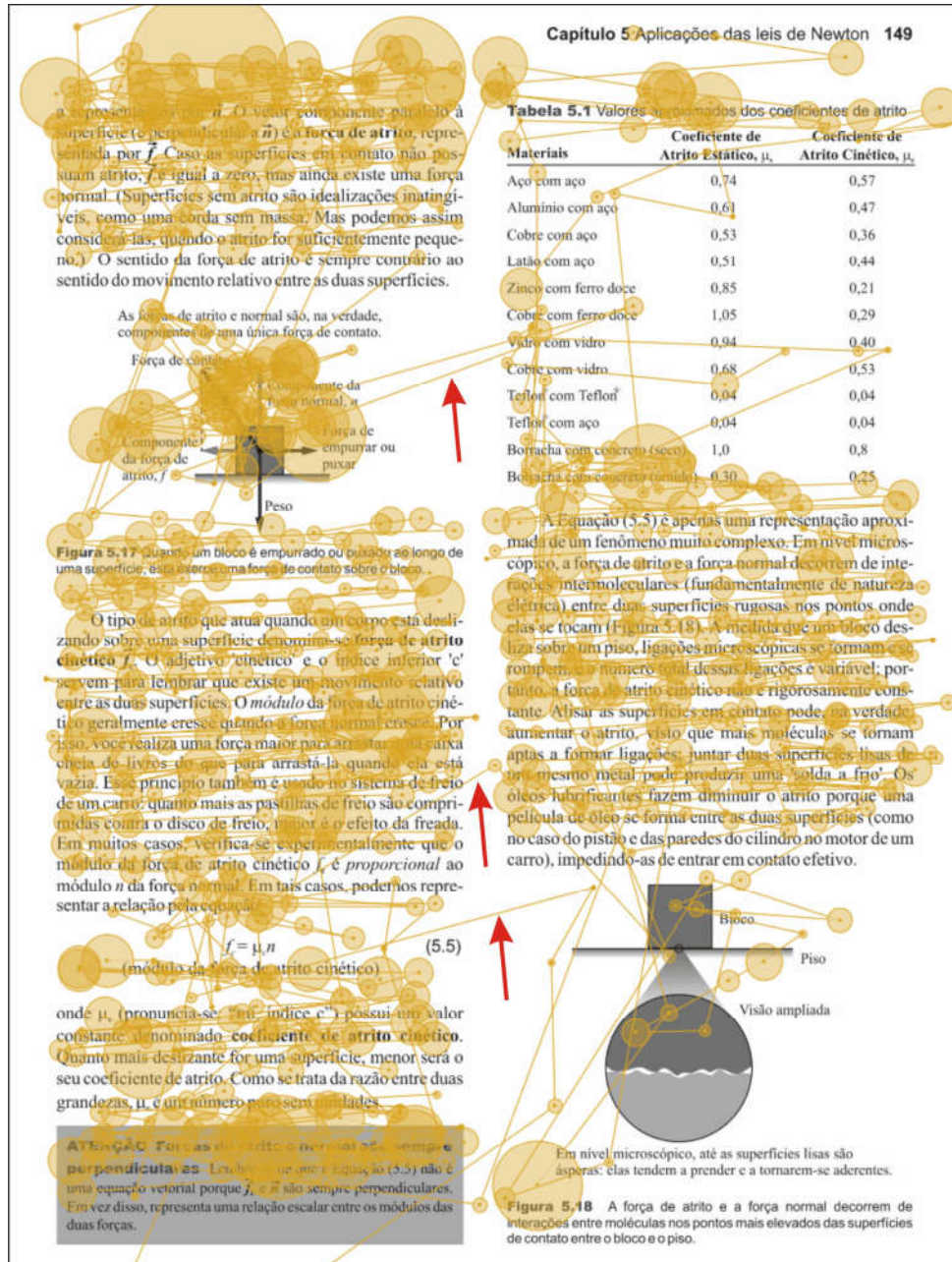


Figura 1: Resultado do rastreamento ocular de um leitor.

Na Figura 1, as linhas sinalizadas por setas vermelhas indicam algumas trajetórias do olhar de um leitor ao se deslocar entre modos que não possuem relação direta um com o outro. Esses deslocamentos podem ter trajetórias bastante variadas, entre diferentes leitores, mas eles duram poucas centenas de milissegundos, indicando apenas um deslocamento rápido do olhar e não um foco de atenção do leitor.

Quando olhamos para o número total de transições entre os diferentes modos, para todos os leitores (veja o gráfico da Figura 2), percebemos que as quantidades significativas de transições ocorreram entre o texto verbal e os demais modos. Mesmo quando os diferentes modos se apresentavam espacialmente próximos um do outro, como no caso da Figura 5.17 e da Tabela, da Equação 5.5 e da Figura 5.18 (veja a Figura 1), ou de trechos de texto verbal sem referência aos outros modos, não houve um número significativo de transições entre eles.

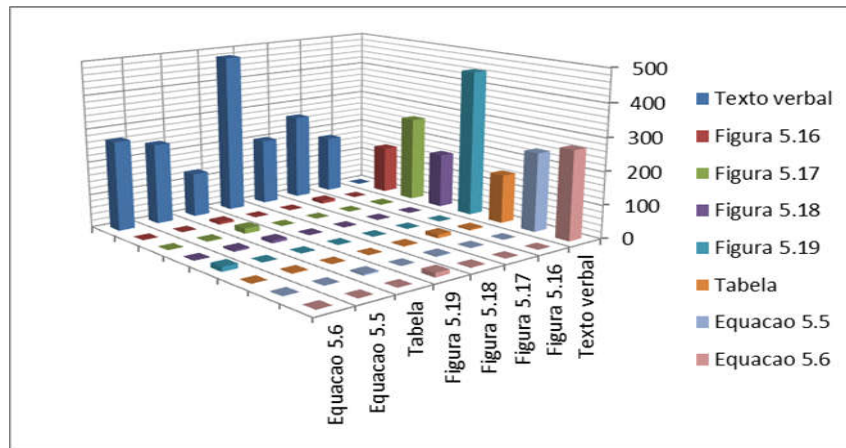


Figura 2: Matriz de transições entre os diferentes modos.

Esse aspecto é particularmente evidente na leitura do texto associado à Figura 5.19 do livro, reproduzida na Figura 3. Essa figura é composta por 4 modos distintos (diagrama, texto verbal, expressão algébrica e gráfico) e apresentada em meio a 4 parágrafos de texto que fazem 8 referências explícitas a ela (note, no gráfico da Figura 2, como os leitores realizaram muitas transições entre o texto verbal e essa figura).

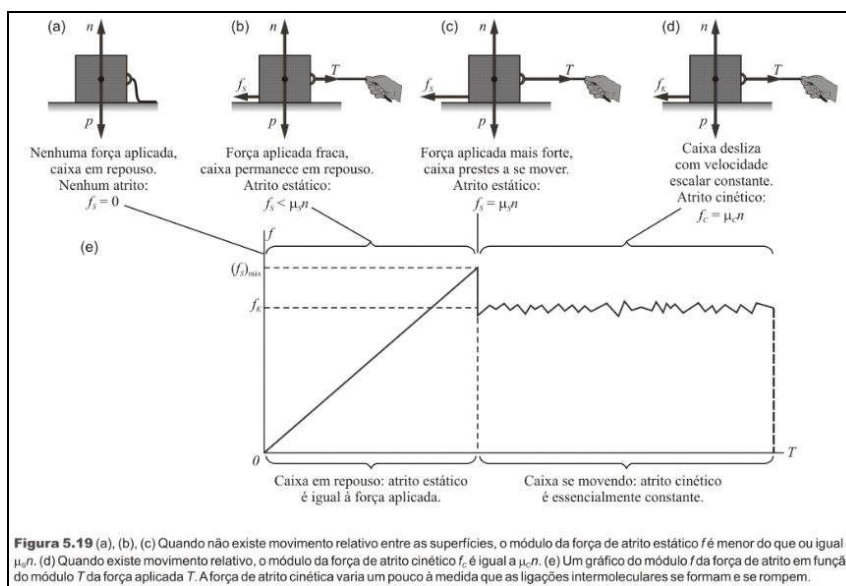


Figura 3: Reprodução da Figura 5.19 de Young e Freedman (2008, p. 150).

Por meio do texto verbal o autor guia a atenção do leitor, direcionando seu olhar para certos elementos da figura, em momentos específicos. Conforme aponta Doran (2018), a utilização de palavras e símbolos semelhantes no texto e na figura permite que relações sejam estabelecidas entre esses dois modos, possibilitando à física estender os significados associados a determinados termos. Mesmo a construção da representação gráfica do movimento da caixa passa pelo texto verbal. Os símbolos representados no gráfico, bem como as diferentes regiões da curva, são significados e destacados pelo texto verbal.

Outro aspecto da leitura que nos chamou a atenção diz respeito às diferenças nos tempos de permanência dos leitores em cada modo. Dadas as limitações de espaço, vamos nos ater a apenas dois dos modos: a tabela e as expressões algébricas.

O *eye-tracking* permite definir certa região do texto como uma área de interesse (ADI) e, em seguida, pode fornecer diversos dados sobre essas áreas, como o tempo em que o olhar do leitor permaneceu sobre ela (tempo de permanência) e o tempo médio das fixações (soma do tempo de cada fixação, dividida pelo número de fixações). O gráfico da Figura 4 mostra os tempos de permanência dos leitores nos modos presentes no texto usado na pesquisa (não incluímos nesse gráfico o tempo no texto verbal, pois ele é bastante extenso, quando comparado com os demais modos, e não permitiria uma comparação no mesmo gráfico).

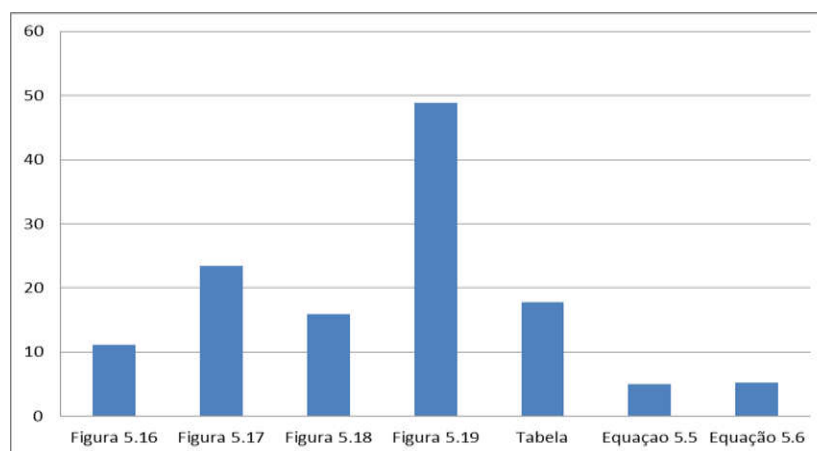


Figura 4: Tempo médio de permanência (em segundos) nos diferentes modos.

A tabela exibida no texto (veja na Figura 1) apresentou um baixo tempo de permanência, apesar de possuir vários elementos textuais. No ponto em que está inserida não há uma única referência à tabela no texto verbal, o que parece indicar para os leitores que ela é apenas um conjunto de números com pouco significado. No entanto, duas páginas à frente, o texto relaciona o fato de a força de atrito cinético ser menor que a estática com o menor valor do coeficiente de atrito cinético e remete o leitor, explicitamente, à tabela. No entanto, como isso é feito distante da tabela, os leitores quase nunca retornam para estabelecer a comparação entre os valores.

Dentre todos os modos, as expressões algébricas apresentaram os menores tempos de permanência: 4,9 e 5,3 s, respectivamente. Isso não parece significar, no entanto, que não receberam grande atenção dos leitores, como mostra o gráfico da Figura 5. Esse gráfico apresenta o tempo médio das fixações em cada modo. Esse gráfico mostra que, em média, os leitores apresentaram maiores fixações nas expressões e na Figura 5.17.

De acordo com Doran (2018), as expressões algébricas são formas sintéticas que condensam muitos significados em poucos símbolos. A linguagem investe esses símbolos de significados

por meio da tecnicidade e da coordenação de diferentes modos, que precisam ser retomados no momento da leitura. A expressão para a força de atrito estático, $f_c = \mu_c N$, trás significados relacionados com a natureza das superfícies (μ_c), com a força de compressão entre elas (N), com a ação de uma força de puxar que produz o movimento do corpo, dentre outros. Retomar todos esses significados pode ser uma possível explicação para fixações mais longas nesse modo.

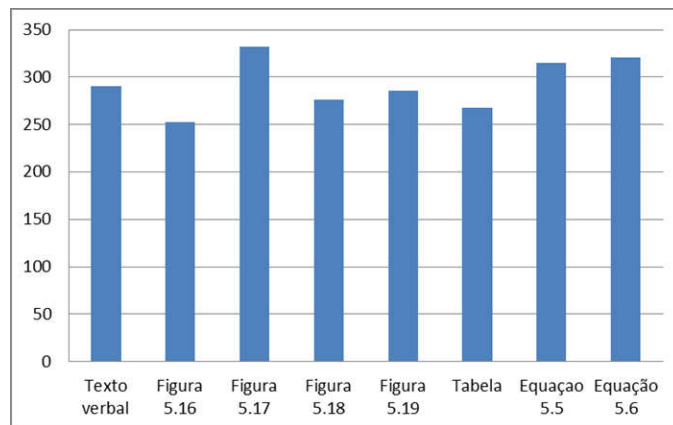


Figura 5: Tempo médio de fixação em cada modo (em milissegundos).

Considerações finais

Apresentamos nesse trabalho alguns dados parciais de nossa pesquisa de doutorado. A utilização do *eye-tracking* tem nos permitido acompanhar o caminho de leitura seguido por diferentes leitores de um texto didático multimodal.

Pudemos observar que o texto verbal parece exercer um papel de organização da leitura do texto multimodal. Por meio do texto verbal o autor direciona o leitor para os demais modos, nomeia elementos dos modos não verbais, compartilha significados com esses elementos, investindo-os com significados do campo da física. Em grande medida o texto verbal contribui para educar a atenção do leitor quanto à percepção dos múltiplos modos do texto de física e, quando isso não é realizado de forma apropriada, como no caso da tabela, poucos são os leitores que se dão ao trabalho de retornar e realizar a tarefa proposta no texto. Em situações como essas o professor tem um papel importante de auxiliar o estudante a perceber as relações que uma eventual falha do texto não foi capaz de estabelecer.

O professor pode ter um papel importante também no trato com as expressões algébricas. Por condensarem muitos significados e relações em poucos símbolos as expressões algébricas se tornam elementos de difícil assimilação. Auxiliar o estudante a perceber esse intrincado de relações expressas de forma compacta é também auxiliá-lo a compreender porque essa forma de representação da informação é tão útil na física.

Agradecimentos e apoios

Agradecemos imensamente ao Prof. Dr. Pablo Juan Greco, coordenador do Centro de Estudos de Cognição e Ação da EEFETO/UFGM, pela disponibilização do aparelho de *eye-tracking* utilizado na pesquisa. Agradecemos também ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Congonhas pelo apoio para a realização desse trabalho.

Referências

- CALDAS, H. **Atrito: o que diz a física, o que os alunos pensam e o que os livros explicam**. Vitória: EDUFES, 1999.
- DORAN, Y. J. **The discourse of physics: building knowledge through language, mathematics and image**. New York: Routledge, 2018.
- INGOLD, T. Tres en uno: Como disolver las distinciones entre cuerpo, mente e cultura. In: Criado, T. S. **Tecnogénesis: la construcción técnica de las ecologías humanas**. Vol. II. Madrid: AIBR, p. 1-33, 2008.
- KRESS, G., JEWITT, C., OGBORN, J. e TSATSARELIS, C. **Multimodal Teaching and Learning: the rhetorics of the science classroom**. London: Continuum, 2001.
- KRESS, G. **Literacy in the new media age**. London: Routledge, 2003.
- KRESS, G. What is a mode? In: Jewitt, C. **The Routledge Handbook of Multimodal Analysis**. New York: Routledge, p. 54-67, 2009.
- LEMKE, J. L. Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In: Martin, J. R., Veal, R. (eds.) **Reading science: critical and functional perspectives on discourses of science** (pp. 87-113). London: Routledge, 1998.
- MORO, L.; MORTIMER, E. F.; QUADROS, A. L.; COUTINHO, F. A.; SILVA, P. S.; PEREIRA, R. R.; SANTOS, V. C. Influência de um terceiro modo semiótico na gesticulação de uma professora de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 15, n. 1, p. 9-32, 2015.
- SILVA, A. C. T e MORTIMER, E. F. Aspectos epistêmicos das estratégias enunciativas em uma sala de aula de química. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 2, p. 104-112, 2009.
- YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física I**. Trad. Sônia Midori Yamamoto. 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.