

# COOPERAÇÃO E ESPECIALIZAÇÃO ENTRE MODOS SEMIÓTICOS EM UM TEXTO DIDÁTICO DE ENSINO DE FÍSICA MODERNA

Josias Rogerio Paiva<sup>1</sup>, Nelson Barrelo Jr.  
*Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo*

**RESUMO:** Apresentamos uma análise das relações entre as expressões em linguagem verbal escrita e figuras, em um texto empregado para promover a aprendizagem das distinções entre as partículas alfa, as partículas beta e as radiações gama, quando historicamente Rutherford as notou relatando os comportamentos referente a penetração destes entes na matéria e os desvios sofridos quando interagem com um campo magnético. O texto foi utilizado junto a alunos da terceira série do Ensino Médio, em uma escola da Rede Pública de Ensino, em São Paulo. O trabalho faz destaque à necessidade de se associar uma função específica para exploração da riqueza de informações presente nas específicas figuras empregadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Figura; Representação; Física moderna.

## OBJETIVO

Salientar a necessidade de uma função associada à presença de uma figura junto a um texto de ensino-aprendizagem. As motivações para utilização de uma figura devem ser mais que organização do espaço gráfico, razões estéticas ou pseudo auxílio à compreensão.

## MARCO TEÓRICO

Embora o auxílio à compreensão seja uma legítima função para a utilização de uma figura (Martins; Gouvêa; Piccinini, 2005), a alta densidade semiótica (Martins, 2005) e mesmo a alta densidade gráfica, como em uma fotografia podem prejudicar a compreensão.

Otero e Greca (2004) advertem sobre cautelas, ao se utilizar imagens no ensino de ciências, mas a enculturação científica passa pela capacidade de leitura, análise e transcrição dos vários modos semióticos empregados na ciência. Destaca Perini (2005) que várias representações são empregadas no argumento científico e Lemke (1998) que uma das metas no ensino de ciência deveria ser, tornar os alunos capazes de transitar entre as diversas linguagens empregadas pela ciência.

1. LaPEF e Programa de Pós graduação Interunidades da USP – São Paulo, Brasil. (josiaspaiva@usp.br, nbarrelo@usp.br) – Orientadora Profa Dra Anna Maria Pessoa de Carvalho (ampdcarv@usp.br).

Para atingir o objetivo proposto neste trabalho vamos descrever a análise do uso do texto “Entra em cena uma nova figura: Ernest Rutherford” como um instrumento para o ensino-aprendizagem das distinções entre as partículas alfa, as partículas beta e as radiações gama, junto a alunos da terceira série do curso Ensino Médio, em escolas da rede pública de ensino, na cidade São Paulo. O texto na íntegra, assim como outras considerações podem ser encontrado nas dissertações de Siqueira (2006) e de Paiva (2010).

## METODOLOGIA

Apresentamos um mapeamento das ideias relatadas no texto “Entra em cena uma nova figura: Ernest Rutherford”. Na seção subsequente um mapeamento das ideias nas figuras empregadas e na seção final os resultados as relações de cooperação e de especialização entre estes dois gêneros de linguagem.

O texto se desenrola descrevendo uma síntese cronológica das descobertas das partículas elementares. Encontramos no texto as seguintes ideias: 1) A natureza das substâncias radioativas e de suas radiações; 2) A medida de ionização dos gases; 3) Os raios-X; 4) Dois tipos de radiações emitidas pelo urânio; 5) Diferenças entre as radiações devido à penetração na matéria; 6) Os raios alfa sendo menos penetrantes na matéria que os raios beta; 7) Os raios beta sendo mais penetrantes na matéria que os raios alfa; 8) Os raios alfa e beta sendo defletidos para lados opostos ao passarem por um campo magnético; 9) Os raios alfa e beta tendo cargas opostas; 10) Os raios beta são raios catódicos (elétrons); 11) Os raios gama são muito mais penetrantes que os raios alfa e beta; 12) Os raios gama não se desviam quando interagem com um campo magnético; 13) Sal de urânio; 14) Transmutação; 15) Alquimistas; 16) Razão entre massa e carga elétrica das partículas alfa; e 17) Partículas alfa são átomos de hélio ionizado.

As ideias relacionadas nos números 2, 3, 14, 15 e 16 são citações simples, em uma frase, em meio a um parágrafo, dando sentido ao enredo, para discussão das ideias 1, 4 ao 13 e 17. Assim reduzimos a lista inicial para 11 itens (vide quadro 01), mais central ao tema estudado. Logo, uma figura “Referente à penetração das radiações na matéria”, cuja função seja auxiliar a compreensão do texto, ou ilustrar, deveria destacar as informações listadas abaixo no quadro 01, com exceção dos itens 5 e 9. E para uma figura para representar os desvios das radiações quando interagem com um campo magnético devem omitir os itens listados nas linhas 2, 3, 4 e 8 do quadro 01, pois se referem à penetração das radiações na matéria.

Quadro 1.  
Ideias citadas no texto

	Figura referente à penetração das radiações na matéria	Figura referente aos desvios das radiações ao interagir com um campo magnético
1. Dois tipos de radiações emitidas pelo urânio.		
2. Diferenças entre as radiações devido à penetração que tinham na matéria.		
3. Os raios alfa sendo menos penetrantes na matéria que os raios beta.		
4. Os raios beta sendo mais penetrantes na matéria que os raios alfa.		
5. Os raios alfa e beta sendo defletidos para lados opostos ao interagirem com um campo magnético.		
6. Os raios alfa e beta tendo cargas opostas.		
7. Os raios beta são raios catódicos (elétrons).		
8. Os raios gama são muito mais penetrantes que os raios alfa e beta.		
9. Os raios gama não se desviam ao passarem por um campo magnético.		
10. Sal de urânio.		
11. Partículas alfa são átomos de hélio ionizado.		

## As figuras propostas para o texto

Nesta análise listaremos significados representados nas figuras propostas pelo autor, Siqueira (2006), uma leitura do que está representado nos dois desenhos que retratam a penetração dos raios na matéria e a trajetória que possuem os diferentes raios quando interagem com um campo magnético.

Signos e significados representados na figura sobre as penetrações dos raios na matéria.

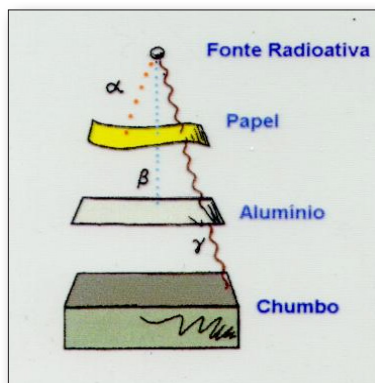


Fig. 1. Penetrações dos raios na matéria.

### Quadro 2.

Itens que podem ser lidos na figura 01.

1. Uma fonte radioativa para as três radiações: alfa, beta e gama.
2. Diferentes traços correspondentes às três radiações: Raios alfa como bolinhas maiores; raios beta como bolinhas menores; raios gama como onda.
3. Três materiais diferentes: papel, alumínio e chumbo.
4. O raio alfa é bloqueado pelo papel.
5. O raio beta atravessa a folha de papel, porém, é bloqueado pelo alumínio.
6. O raio gama atravessa o papel e o alumínio, mas é bloqueado pelo chumbo.
7. O papel é sinuoso – indicando que é uma folha de papel.
8. O alumínio é rígido – assemelha-se a uma chapa.
9. O chumbo é muito espesso em relação ao alumínio e ao papel. Trata-se de um bloco.

Signos e significados representados na figura sobre a trajetória dos raios ao interagir com um campo magnético

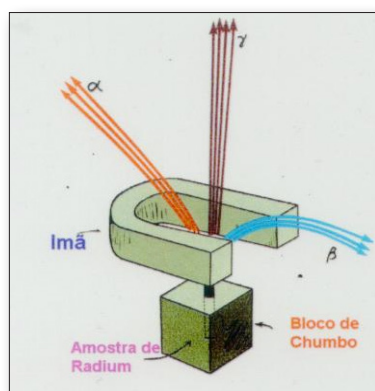


Fig. 2. Trajetória dos raios na interação com um campo magnético.

Quadro 3.  
Itens que se pode ler na figura 02:

1. Amostra de rádio dentro do bloco de chumbo, com uma única abertura na direção da linha que passa entre os polos de um ímã, cuja forma é de uma ferradura;
2. Três feixes de raios emitidos pelo rádio: alfa, beta e gama, representados por linhas contínuas;
3. Os raios alfa e beta se declinam para lados opostos, e os raios gama não sofrem alteração em sua trajetória;
4. Os raios beta sofrem uma deflexão maior que os raios alfa;
5. Um ímã indica a presença de um campo magnético.

## RESULTADOS

### As relações entre os modos semióticos nas representações da matéria

Na figura referente a penetração das radiações na matéria há três materiais: o papel, o alumínio e o chumbo. Esses diferentes materiais possuem espessuras diversas. A figura mostra uma blindagem aos raios alfa, beta e gama, ou seja, mostra quais materiais e espessuras cada um deles deve ter para blindar os diferentes tipos de radiação. Não há no texto referência à emissão das três radiações,  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$ , de uma única fonte radioativa. Portanto, há uma relação de especialização (Marquez; Izquierdo; Espinet, 2003) nas linguagens empregadas, verbal escrita e pictórica, para compor os significados.

A relação de especialização é bilateral. Há informações na figura que não estão no texto, porém há informações no texto que não estão na figura. Logo, fazer a leitura do texto, e não da figura, implica em obter informações parciais do instrumento didático utilizado, texto e figuras. Ao mesmo tempo, a leitura da figura não se traduz em uma compreensão das ideias apresentadas no texto, até mesmo devido ao caráter histórico.

### As relações entre os modos semióticos nas representações das radiações

Outro detalhe na figura que retrata a penetração das radiações na matéria é a distinção de traços para as diferentes radiações, alfa, beta e gama. As radiações alfa e beta como pequenas bolinhas, sendo as da radiação alfa maiores que as da radiação beta; e os raios gama como linhas sinuosas, comumente utilizadas nas representações de entes físicos compreendidos com o modelo de ondas.

Do início ao final do texto, apresenta-se uma evolução na compreensão da natureza dos raios alfa e beta. Inicialmente, parecem ser formas de radiação, mas no terceiro parágrafo é elucidado que o raio beta é, na verdade, um raio de partículas, de elétrons, e no sexto parágrafo há a indicação de que os raios alfa são raios de átomos de hélio ionizado. Esse trabalho de leitura e releitura dá clareza sobre os signos empregados e revelam: como a ciência utiliza variadas linguagens (Lemke, 2002a), com figuras sendo elementos integrantes nos argumentos relativos à ciência (Perini, 2005); que a leitura de uma figura da ciência é um trabalho árduo, principalmente enquanto os alunos não adquirem esta habilidade de transitar entre as várias linguagens empregadas pela ciência (Lemke, 2002b).

As duas linguagens, verbal e pictórica, na análise das dimensões das radiações alfa e beta realizam uma relação de especialização (Marquez; Izquierdo; Espinet, 2003), já que no texto não há informação sobre o átomo de hélio ter dimensão maior que a do elétron. E também, uma relação de cooperação nos traços que ilustram as radiações alfa e beta como raios de partículas, e os raios gama como ondas, pois.

---

Portanto, a utilização de bolinhas para descrever entes subatômicos deve ser arraigada de esclarecimentos dos limites dessa analogia, tornando claro seu real valor na utilização dessa representação, para que não se propague a partir das representações uma visão de coisa, como advertem Moreira (2007) e Abdalla (2004).

### **Três relações de especialização na figura que retrata as trajetórias das radiações**

Na figura referente aos desvios das radiações ao passarem por um campo magnético há uma relação de especialização entre as linguagens verbal escrita e pictórica na representação da fonte radioativa, que se encontra protegida em um bloco de chumbo, permitindo que as radiações alfa, beta e gama sejam liberadas em uma única direção. Além disso, o elemento radioativo é o rádio na segunda figura, e no texto é o sal de urânio.

Os raios alfa, beta e gama são ilustrados como linhas contínuas, todas iguais, e os raios beta sofrem mais deflexão que os raios alfa. Também esta é uma relação de especialização com as informações do texto, que não relata qual deflete mais. Outra importante consideração sobre a forma de representação utilizada na linguagem pictórica empregada para os raios alfa e beta, que são raios de partículas, e os raios gama, que são ondas eletromagnéticas, está nas trajetórias. Considerando que em ambos os casos as trajetórias são contínuas, portanto, uma ocorrência topológica, a utilização do desenho para descrevê-las é mais apropriada que a linguagem verbal escrita.

Os raios alfa, beta e gama passam pelo espaço entre os polos de um ímã. Não há linhas ou qualquer outro meio que represente o campo magnético. A presença do ímã implica na presença de um campo magnético. Esta é a terceira informação que tem relação de especialização (Marquez; Izquierdo; Espinet, 2003) entre os modos semióticos empregados.

## **CONCLUSÃO**

Considerando os vários detalhes presentes nas figuras e não descritos no texto é necessário que este seja claro o objetivo de inserção destas figuras junto ao texto (Otero; Greca, 2004; Paiva, 2010). As atividades de estudo deste instrumento didático, devido às várias especializações, apontam a necessidade de se considerar não apenas a leitura do texto, mas também das figuras.

Esta leitura tange as aparentes contradições entre texto e figura, entre pontos específicos das figuras, quando as radiações são ilustradas ora como ondas, assim pode-se entender os signos que representam os raios alfa na figura “Referente a penetração das radiações na matéria” e ora como sucessivas partículas, assim pode-se ler os signos que representam as radiações alfa na figura “Referente aos desvios das radiações na interação com um campo magnético”.

Logo, embora as informações presentes nas figuras propostas sejam ricas para o debate e entendimento sobre as radiações, sua utilização deve estar associada a uma atividade que proporcione a leitura (Martins, 2005), que as explore e permita ao aluno transitar entre as várias linguagens empregadas pela ciência (Lemke, 1998).

A consciência por parte de autores de materiais didáticos e de professores sobre as implicações associadas ao uso de figuras no ensino de ciências: da função a ser desempenhada pela figura associada a um texto (Paiva, 2010); das relações entre os modos semióticos, o texto e a figura (Marquez; Izquierdo; Espinet, 2003); das formas de atividades para leitura das figuras (Martins, 2005) e de outras linguagens empregadas (Lemke, 1998; 2002b); da coerência de modelos empregados, justapostos pelo conhecimento da história e da epistemologia da ciência contribuem para um processo de enculturação científica.

---

## REFERÊNCIAS

- Abdalla, M. C. B. (2004). *O discreto charme das partículas elementares*. São Paulo: Editora UNESP.
- Lemke, J. L. (1998). Analysing verbal data: principles, methods, and problems. In: Tobin, K.; Fraser, B. (Eds.). *International handbook of science education*. Dordrecht: Kluwer Academic. p. 1175-1189.
- Lemke, J. L. (2002a). Mathematics in the middle: measure, picture, gesture, sign, and word. In: Anderson, M.; Saenz-Ludlow, A.; Zellweger, S.; Cifarelli, V. (Eds.). *Educational perspectives on mathematics as semiosis: from thinking to interpreting to knowing*. Ottawa: Legas Publishing. p. 215-234.
- Lemke, J. L. (2002b). Enseñar todos los lenguajes de la ciencia: palabras, símbolos, imágenes, y acciones. In: Benlloch, M. (Ed.). *La educación en ciencias*. Barcelona: Paidós. p. 159-186.
- Márquez, C.; Izquierdo, M.; Espinet, M. (2003). Comunicación multimodal en la clase de ciencias: el ciclo del agua. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 21, n. 3, p. 371-386.
- Martins, I. (2005). Comunicação e cultura no ensino de ciências: reflexões a partir de análises de livros didáticos. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, 16., 2005, Rio de Janeiro. Anais. Rio de Janeiro: CEFET-RJ/Snef.
- Martins, I.; Gouvêa, G.; Piccinini, C. (2005). Aprendendo com imagens. *Ciência e Cultura*, v. 57, n. 4, p. 38-40.
- Moreira, M. A. (2007). A física dos quarks e a epistemologia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 161-173.
- Otero, M. R.; Greca, I. M. (2004). Las imágenes en los textos de Física: entre el optimismo y la prudencia. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, n. 1, p. 37-67.
- Paiva, J.R. (2010). Representações pictóricas no ensino de física moderna: uma construção dos alunos. – São Paulo. 206 p.
- Perini, L. (2005). Visual representations and confirmation. *Philosophy of Science*, v. 71, p. 913-926.
- Siqueira, M. (2006). Do visível ao indivisível: uma proposta de física de partículas elementares para o ensino médio. 2006. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.