

## Resenha de Livro

## Feynman &amp; Gell-Mann: Luzes, Quarks, Ação!, por R. Rosenfeld, Odysseus, São Paulo, 2003.

Book review: Feynman &amp; Gell-Mann, by R. Rosenfeld

V. Pleitez<sup>1</sup>

Instituto de Física Teórica, Universidade Estadual Paulista

Rua Pamplona, 145, 01405-900, São Paulo, SP, Brazil

Recebido em 18 de agosto, 2003. Aceito em 22 de agosto, 2003

Recentemente foi lançado mais um livro da série *Imortais da Ciência*, coordenada por Marcelo Gleiser e publicada pela editora Odysseus de São Paulo. Estamos nos referindo a *Feynman & Gell-Mann: Luzes, Quarks, Ação!* (F&G), por R. Rosenfeld [RR03], que será o tema de nossa resenha.

As contribuições principais de Feynman à física têm a ver com a teoria das interações eletromagnéticas (*Luz*) e a formulação de um princípio variacional da mecânica quântica (*Ação*). Por outro lado, talvez a principal contribuição de Gell-Mann foi a proposta dos *Quarks* como constituintes fundamentais da matéria. Posteriormente os quarks foram identificados com os “partons” de Feynman. Assim, o título do livro já é um resumo do que será tratado nas suas páginas. Os três principais capítulos de F&G têm títulos auto-explicativos: “Feynman”, “Gell-Mann”, e “Feynman e Gell-Mann juntos”.

Como dizemos acima, as contribuições científicas de Feynman, merecidamente destacadas, são o *princípio da ação mínima* e a *soma sobre os caminhos*, a formulação da *Eletrodinâmica Quântica*, e o modelo de *partons* dos núcleons. De fato o formalismo da soma sobre os caminhos é didaticamente descrito da página 27 até a 40 e, na minha opinião, é a melhor parte do livro (apenas uma observação: na discussão no texto com relação à figura da página 31, as trajetórias a) e b) estão trocadas).

A parte dedicada a Gell-Mann é mais curta que a de Feynman, dando ênfase à descoberta nos raios cósmicos das chamadas *partículas estranhas* pelos físicos experimentais. Estas partículas foram chamadas assim porque elas eram produzidas via interações fortes mas seus decaimentos eram através das interações fracas, algo nunca visto antes. Gell-Mann, e independentemente K. Nishijima, explicaram esse fato introduzindo o número quântico da *estranheza*. O autor trata muito rapidamente as outras (muitas) contribuições à física de partículas elementares de Gell-Mann. Por exemplo, ficaram de fora trabalhos como o da predição de mais um káon neutro  $\bar{K}^0$  por Gell-Mann e A. Pais (1955) e a oscilação com o  $K^0$  implicando num káon de longa vida  $K_L$  descoberto em 1956, (menciona-se muito brevemente o caso da  $\Omega^-$  e do méson  $\eta^0$ ); do grupo de renormalização (a função  $\beta$  de Gell-Mann-Low), formalismo que posteriormente seria muito utilizado na QED (e atualmente no chamado modelo padrão); a teoria V-A (em colaboração justamente com Feynman) que incorporou a violação da simetria por reflexões nas interações fracas (os fenômenos atrás do

espelho nem sempre são iguais aos da frente do espelho); da álgebra de correntes; da geração de massa dos neutrinos pelo mecanismo chamado “see-saw”, descoberto também por T. Yanagida e outros físicos, etc; algumas delas devemos reconhecer que são muito técnicas mas talvez poderiam ter sido discutidas se o livro fosse um pouco maior.

No capítulo “Feynman e Gell-Mann juntos”, trata-se primeiramente um aspecto da física moderna na qual Gell-Mann foi um mestre: o uso das *simetrias*. De fato, o conceito de simetria é bem discutido nesse capítulo e será muito útil para que o leitor, que provavelmente ainda não conhece bem o tema, possa ter uma idéia clara do que significa a simetria, aproximada ou exata, de um sistema físico. Da discussão do próton e do nêutron, passa-se à classificação dos *hádrons* conhecida como “a via dos oito preceitos” proposto por Gell-Mann, e independentemente pelo físico israelense Yuval Ne’emman, que fazia seu doutorado no Imperial College de Londres sob a orientação do físico paquistanês (e prêmio Nobel de física) Abdus Salam. Considera-se o modelo de *quarks* de Gell-Mann, proposto independentemente pelo físico americano George Zweig, que na época trabalhava no CERN. Em F&G a parte dos quarks poderia ter sido mais extensa e incluir uma tabela com o resumo dos seus *números quânticos* que complementariam a tabela da página 101. Nesse capítulo Feynman e Gell-Mann se re-encontram quando os *pártons*, propostos por Feynman para explicar os espalhamentos de elétrons com núcleons, são identificados (depois de vários experimentos) com os quarks de Gell-Mann e Zweig.

Em 1972 Gell-Mann e os físicos Harald Fritzch e H. Leutwyler propuseram a chamada *Cromodinâmica Quântica* ou QCD, pela sigla em inglês. Esta seria posteriormente confirmada como um dos componentes do *Modelo Padrão* (MP) das interações fundamentais que inclui uma parte eletrofraca além das interações “fortes” da QCD. O MP descreve até o momento todas as observações (e são muitas!) obtidas no laboratório com exceção da massa dos neutrinos necessária para explicar efeitos observados em neutrinos vindos do Sol e da atmosfera.

Como o resto da série, F&G foi escrito tendo em mente adolescentes. No entanto esta resenha está dirigida aos professores deles.

O problema comum aos livros de texto é o da mistificação da ciência e dos cientistas. Parece que as descobertas são feitas por pessoas sobre-humanas e não se conside-

<sup>1</sup>E-mail address: vicente@ift.unesp.br

ram outros contextos que são determinantes para o desenvolvimento da ciência. Certamente não existe solução fácil para esse problema, mas deveríamos fazer esforços para, no mínimo, mostrar a sua existência. O problema é mais agudo (e difícil) em livros como *F&G* porque há uma mistificação *explícita* do progresso científico, e a imagem que se passa ao público alvo do que é *fazer* ciência e no que consiste o progresso do *conhecimento científico* está simplificada demais.

Comentando sobre a “imagem” da ciência que é transmitida pelos livros nos quais os cientistas aprendem seu ofício, Thomas Kuhn diz [KU75]:

Mesmo os próprios cientistas têm essa imagem principalmente no estudo das realizações científicas acabadas, tal como registradas nos clássicos e, mais recentemente nos manuais que cada nova geração utiliza para aprender seu ofício. Contudo o objetivo de tais livros é inevitavelmente persuasivo e pedagógico; um conceito de ciência deles haurido terá tantas probabilidades de assemelhar-se ao empreendimento que os produziu como a imagem de uma cultura nacional obtida através de um folheto turístico ou um manual de línguas.

No necrológio de L. D. Landau (1908-1968), o também físico soviético V. Ginzburg menciona a classificação que Landau fazia dos físicos numa escala logarítmica. Segundo Ginzburg [ZI81]:

... um físico da classe 2, por exemplo, teria prestado uma contribuição (isso mesmo, *prestado uma contribuição*<sup>2</sup> pois estamos nos referindo à importância de seu trabalho) da ordem de 1/10 da que foi prestada por um físico da classe 1. Nessa escala, Einstein será da classe 1/2, e Bohr, Schrödinger, Heisenberg, Dirac e uns poucos outros seriam da classe 1. O próprio Landau colocou-se na classe 2.5 (ou seja, equivalente a 1/100 de Einstein!), e só há coisa de uns dez anos, satisfeito com algum de seus trabalhos (recordo-me de nossa conversa, mas não do trabalho em questão), declarou que por fim conseguira alçar-se à classe 2.

Mas para Ziman [ZI81], medições qualitativas desse tipo são difíceis e perigosas. Muitas descobertas célebres não foram originais ou exclusivas daqueles que ganharam o seu crédito. Muitas das descobertas de Gell-Mann e Feynman foram feitas independentemente por outros físicos. Também temos os casos históricos como por exemplo o de Julius Robert Meyer (1814-1878) e a generalização da lei de conservação da energia (o calor é uma forma de energia) [PL96]. Alguns cientistas que fizeram trabalhos da classe 1, segundo a classificação de Landau, receberam pequeno reconhecimento na época; como exemplo temos Willard Gibbs (1839-1903), Ludwig Boltzman (1844-

1906), ambos bem conhecidos dos físicos, e Alfred Wegener (1880-1930) tratado como excêntrico por defender a hipótese da deriva dos continentes nas primeiras décadas do século XX [PL03].

Acontece que boa parte do “fazer ciência” é tradição. Dificilmente faz-se uma descoberta importante em um lugar onde não existe uma tradição científica. É claro que alguns fatos são incontornáveis. As escolas de matemática francesa e russa têm muita tradição mas o genial autodidata Srinivasa Ramanujan (1887-1920) nasceu na Índia. Assim, é difícil definir o que é a “genialidade”. Não sabemos explicar o ato criativo [MI01]. A pessoa tem que estar no lugar e no momento certo. Não é nosso objetivo fechar essa questão, apenas colocar o fato de como isso pode influenciar a propagar uma visão “mitológica” da criação científica.

A mistificação dos cientistas pode ter consequências práticas. Por exemplo, em 1946 Victor Weisskopf (1908-2002) e seu estudante Bruce French atacaram de novo o problema da autoenergia do elétron (Weisskopf tinha-o feito pela primeira vez em 1932). Em 1947 Willis E. Lamb Jr. (1913-) anunciou que com as novas técnicas de microondas (desenvolvidas para o radar na segunda guerra mundial) as medidas do nível  $n = 2$  do átomo de hidrogênio não confirmavam o predito pela equação de Dirac. Hans Bethe (1906) observou que a idéia de Hendrik Kramers (1894-1952) de que o único observável seria a diferença de energia entre o elétron livre e o ligado poderia explicar o resultado de Lamb. Mas Bethe usou uma equação não relativista. Em 1948 Weisskopf e French concluíram pela primeira vez um cálculo completo compatível com o “Lamb shift”. No entanto, Weisskopf e French não publicaram esse resultado imediatamente porque diferia um pouco dos resultados de nada mais nada menos que os de Feynman e Schwinger que eram consistentes entre si, e ainda usavam as novas técnicas desenvolvidas por eles (a QED). Seguramente esses dois “gênios” não estariam errados. Mas neste caso estavam! Weisskopf e French publicaram finalmente seu resultado, porém um ano depois. Acontece que uns meses antes um tratamento semelhante já tinha sido publicado por Lamb e Norman Kroll [GO03].

Um exemplo mais concreto das afirmações de Ziman, sobre os ilustres desconhecidos é, no caso da QED e outras contribuições de Feynman, o do físico E. C. G. Stueckelberg (1905-1984). Vamos tratar com mais detalhe esta interessante história.

Para começar vejamos o que dizem Yuval Nee’eman, o codescobridor do “caminho dos oito preceitos”, e Kirsh [NE96]:

Actually, the clue to the QED theory was concealed in papers published by E. C. G. Stueckelberg in 1934-38, and more explicitly in his paper of 1947. Unfortunately his formulation were obscure and difficult to use. Had the theorist been able to follow them, the magnetic moment of the electron and other results of QED

<sup>2</sup>Itálicos no original.

could have been calculated much earlier.

Já num livro sobre a história dos inícios da eletrodinâmica quântica observa-se[MI94]:

Certain of Feynman's results were anticipated by E. C. G. Stueckelberg in the 1940s. Since Stueckelberg's papers on quantum electrodynamics were not in the mainstream of developments in the 1930s (which is the focus of this book), and, as far as I now, had little or no effects on Feynman, I have chosen not to discuss them.

Freeman Dyson, agora Professor emérito do Instituto de Estudos Avançados de Princeton, aprendeu o formalismo da matriz-S com seu orientador Nicolas Krammer (que foi quem previu a existência do pión neutro  $\pi^0$  em 1939), na Universidade de Cambridge, Inglaterra [RE89]. O formalismo da matriz S é um método para calcular as probabilidades de transição proposto em 1937, no contexto da física nuclear, por J. A. Wheeler (1911-); e por W. Heisenberg (1901-1976) em 1943, no caso da física de partículas elementares. Foi Dyson que popularizou o formalismo que S. Tomonaga (1906-1979), J. Schwinger (1918-1994) e R. Feynman (1918-1988) tinham proposto. De fato, o formalismo encontrado nos livros de texto modernos está baseado quase completamente nos trabalhos de Dyson. No primeiro trabalho de Dyson encontramos [DY49a]

the Feynman method is essentially a set of rules for the calculation of the elements of the Heisenberg S-matrix...

e também que [DY49b]

the idea of using standard electrodynamics as the starting point for an explicit calculation of the S-matrix has been previously developed by Stueckelberg...

De fato a contribuição de Dyson foi mais importante do que parece, lemos no resumo do seu primeiro trabalho [DY49a]

A unified development of the subject of quantum electrodynamics is outlined, embodying the main features both of the Tomonaga-Schwinger and of the Feynman radiation theory.

Os esquemas de Tomonaga e Schwinger eram mais formais que o de Feynman que era mais apropriado para cálculos práticos. Dyson mostrou que ambos os esquemas são equivalentes. Nesse sentido, Dyson merece ser colocado no mesmo nível que os três primeiros mas apenas aqueles receberam o prêmio Nobel. Existe uma regra que três é o maior número de pessoas que dividem esse prêmio. Talvez se não existisse essa limitação Dyson dividiria o Nobel, e Stueckelberg também. O papel de Stueckelberg é reconhecido no primeiro trabalho de Dyson, por exemplo nas *Notes added in proof* ele coloca [DY49a]

A covariant theory similar to that of Section III has previously been developed by E. C. G. Stueckelberg, Ann. d. Phys. **21**, 367 (1934); Nature **153**, 143 (1944).

A melhor confirmação da importância dos trabalhos de Stueckelberg é a seguinte anedota. Após receber o prêmio Nobel, Feynman passou pelo CERN onde daria uma conferência. Stueckelberg estava na platéia. Depois da palestra, Feynman foi rodeado por um grupo de admiradores enquanto Stueckelberg abandonava o auditório sozinho, acompanhado apenas pelo seu fiel cachorro. Então ao vê-lo sair assim Feynman disse:

He did the work and walk alone toward the sunset; and, here I am, covered in all the glory, which rightfully should be his.

Jaydish Mehra estava no grupo que rodeava Feynman, escutou, e fez o relato na sua excelente biografia de Feynman [ME94]. Resumindo, o caso Feynman-Stueckelberg é um exemplo do colocado por Ziman e comentado acima. O critério da competência, ou seja que apenas os mais aptos e capazes sobrevivem, ou se destacam, se dão melhor, etc; não é nem mesmo suficiente, até a ciência tem sua parte de "mito", de "retórica". E isso é praticamente inevitável. O problema é: até onde podemos ir com isso quando pretendemos ser didáticos e motivar os estudantes a estudar ciência? Deixamos isso em aberto. Para mais detalhes sobre as contribuições de Stueckelberg veja [RU03].

Outra das contribuições de Feynman é o chamado modelo de *pártons* dos núcleons, que posteriormente, como mencionado acima, foram identificados com os quarks de Gell-Mann e Zweig. Este é um exemplo de que uma grande descoberta precisa de uma tradição. Segundo Richard Wilson, no final dos anos 30 no Caltech, Jesse Dumond fez experiências de espalhamento de raios-X com os elétrons de átomos a grandes ângulos ( $\sim 180^\circ$ ). Dumond usava uma aproximação chamada a *aproximação do impulso* na qual o espalhamento inelástico do alvo por uma partícula (elétrons por exemplo) é a soma dos espalhamentos dos seus constituintes. Comentando a proposta de partons de Feynman, Wilson diz que [WI77]

Feynman realized the simple explanation of this. As a young research assistant to John Wheeler 35 years or so ago he was assigned the task of verifying whether the theories of electron movements used by DuMond were valid. When this new problem came to his attention, Feynman was attuned to it because it represents the same physics on a different scale size.

Ou seja que Feynman tinha uma experiência previa em física atômica onde a aproximação usada no modelo de partons tinha sido empregada também. Podemos especular se Feynman teria proposto o modelo de partons sem ter tido esta experiência previa.

Devemos reconhecer as contribuições que *Imortais* fizeram à ciência mas tentando evitar mistificações. Por exemplo, uma das contribuições principais para a compreensão dos hieróglifos Mayas foi a do lingüista, epigrafista e etnólogo russo Yury Valentin Knorozov (1922-) em 1952 [KN03]. Então, em que sentido se afirma em *F&G* que Feynman também descifrou a escritura Maya?

Prefiro concordar com Claude Allégre que diz [AL88]:

Com as teorias científicas passa-se o mesmo que com o talento individual: quando são reconhecidas, manifestam-se como evidências sólidas, cujo êxito se fica a dever ao seu próprio valor. Este êxito é entendido como um fenômeno de iluminação inevitável e absoluta, permitindo que nos esqueçamos de que, na maior parte das vezes, mais não é do que o resultado de um percurso lento e caótico.

Devemos ensinar aos estudantes que, o que importa é fazer o nosso trabalho o melhor possível. O resto, quem viver verá.

Finalmente, devo dizer que, apesar de *F&G* ser um livro pequeno (121 páginas) senti falta de um *índice remissivo*, mas o glossário no fim do livro preenche em parte essa lacuna. Vale a pena ler!

### Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pelo auxílio financeiro parcial.

### Referências

- [AL88] C. Allégre, *A Espuma da Terra*, Gradiva, Lisboa, 1988.
- [DY49a] F. J. Dyson, *The Radiation Theory of Tomonaga, Schwinger, and Feynman*, *Physical Review* **75**, 486 (1949).
- [DY49b] F. J. Dyson, *The S-Matrix in Quantum Electrodynamics*, *Physical Review* **75**, 1736 (1949).
- [GO03] K. Gottfried e J. D. Jackson, *Physics Today* **56**(2), 43 (2003).
- [NE96] Y. Nee'man e Y. Kirsh, *The Particle Hunters*, Cambridge University Press, Cambridge, 1996, segunda Edição, p. 59.
- [KN03] Y. V. Knorozov, *Encyclopædia Britannica* 2003. Knorozov escreveu um livro *The Writing of the Maya Indians* em 1963.
- [KU75] T. S. Kuhn, *A Estrutura das Revoluções Científicas*, Perspectiva, Rio de Janeiro, 1975, pps. 19-20.
- [ME94] J. Mehra, *The Beat of a Different Drum: The Life and Science of Richard Feynman*, Clarendon Press, Oxford, 1994; p. 577.
- [MI94] A. I. Miller, *Early Quantum Electrodynamics: A Source Book*, Cambridge University Press, Cambridge, 1994; p. 109.
- [MI01] Alguns autores acreditam que a criatividade em ciência é similar à da arte, ver por exemplo, A. I. Miller *Einstein Picasso*, Basic Books, 2001. Mas na arte não existe o equivalente à “palavra final” dada em ciência pelo experimento. Mas até o “experimento” tem sua parte sociológica [MI00].
- [MI00] A. I. Miller, *Insight of Genius*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2000; Cap. 3.
- [PL96] V. Pleitez, *O Acaso, o Preconceito e o Método Científico em Física*, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, **18**(4), 355 (1996).
- [PL03] V. Pleitez, *A Física da Terra: Um Planeta em Movimento*, em *O Universo Sem Mistério*, A. A. Natale e C. L. Vieira (Eds.), Vieira & Lent, Rio de Janeiro, 2003.
- [RE89] H. Reichenberg, *The Early S-Matrix Theory and Its Propagation*, in *Pions to Quarks*, L. M. Brown, M. Dresden e L. Hoddeson (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, 1989.
- [RI03] M. Riordan, *Science Fashions and Scientific Facts*, *Physics Today* August, 2003.
- [RU03] H. Ruegg e M. Ruiz-Altaba, *The Stueckelberg Field*, hep-th/0304245.
- [RR03] R. Rosenfeld, *Feynman & Gell-Mann: Luzes, quarks, ação!*, Odysseus, São Paulo, 2003.
- [WI77] R. Wilson, *From Compton Effect to Quarks and Asymptotic Freedom*, *American Journal of Physics* **45**(12), 1139 (1977).
- [ZI81] J. Ziman, *A Força do Conhecimento*, Itatiaia, São Paulo, 1981; p. 137.