

# Luz que nos Falta Ver

Renato M. Doria

Quarks

**III Encontro Professor Global**

24 de setembro de 2015

# 0. 2015: Ano da Luz

- Qual o desafio?
- Livro de Gênesis

'Faça-se a luz. E a luz se fez.'(Gênesis 1.3)

- Rock In Rio

Let There Be More Light (Pink Floyd-1968)

# 1.Introdução

- Luz Primordial  
Fiat Lux
- Carga Elétrica  
Sorriso da Carga: Make a Smile. Don't Be Sad
- Campos Eletromagnéticos  
Variáveis Não-Materiais: Navier-Stokes EM???

## 2.Histórico

- Índia
- Grécia
- Islão
- Idade Média
- Idade Moderna

### 3. Natureza da Luz

- Onda EM
- Onda
- Partícula
- Carga Elétrica

## 4. Eletromagnetismo

- Dois Postulados:
  - Invariância da Luz
  - Conservação da Carga Elétrica
- 38 Modelos EM
- EM da Luz Primordial: Absoluta, Ubíqua, Auto-Interagente
- Como Encontrar?

## 5. 7 Críticas a Maxwell

- Linear
- Polarização e magnetização à mão.
- Supercondutividade
- Campos Potenciais Subsidiários
- EM Neutro
- Velocidade acima de  $c$ .
- Luz como consequência

## 6. EM da Carga

- Carga
- Luz: general ou sargento? (causa) (consequência)

‘O axioma do eletromagnetismo é que o campo EM é um estado de excitação estabelecido no espaço pela presença de cargas elétricas.

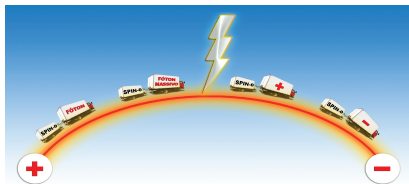
A partir de então, os seus vetores  $\vec{E}$  e  $\vec{B}$  constroem uma onda eletromagnética que é identificada como a luz.’

(Lorentz, Phil Mag 1895).

- Como ir Além?



## 7. Transmissão de Carga



- 4º interpretação da invariância da luz.
- Wholeness Principle:  $\{A_{\mu I}\}$
- Processos EM:  $\Delta Q = 0$ ,  $\Delta Q = \pm 1$

## 8. Simetria de Gauge Sistêmica

- Três tipos:

Linear:  $A_{\mu I} \longrightarrow A'_{\mu I} = A_{\mu I} + k_I \partial_\mu \alpha,$

Polinomial:  $A_{\mu I} \longrightarrow A'_{\mu I} = A_{\mu I} + \partial_\mu P_I(\alpha),$

Sistêmica:  $A_{\mu I} \longrightarrow \{A'_{\mu I}\} = \{A_{\mu I}\} + \{P'_I\} \partial_\mu \alpha,$

- Lógica: Associação

Interação, Indução, Conexão

## 9. Four Bosons Electromagnetism

- Fóton, Fóton Massivo, Fótons carregados:  $\{A_\mu, U_\mu, V_\mu^\pm\}$

- Simetria  $U(1) \times SO(2)$ :

$$A_\mu' = A_\mu + k_1 \partial_\mu \alpha,$$

$$U_\mu' = U_\mu + k_2 \partial_\mu \alpha,$$

$$V_\mu^{+'} = e^{iq\alpha} V_\mu^+ + k_+ \partial_\mu \alpha,$$

$$V_\mu^{-'} = e^{-iq\alpha} V_\mu^- + k_- \partial_\mu \alpha$$

## 9. Four Bosons Electromagnetism

Lagrangeana:

$$L_K^A = a_1 F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + a_2 U_{\mu\nu} U^{\mu\nu} + 2a_3 V_{\mu\nu}^+ V^{\mu\nu-}, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} L_K^S = & b_{(11)} S_{\mu\nu}^1 S^{\mu\nu 1} + b_{(11)} S_{\mu\nu}^2 S^{\mu\nu 2} + 2b_{(12)} S_{\mu\nu}^1 S^{\mu\nu 2} \\ & + 2b_{(33)} S_{\mu\nu}^+ S^{\mu\nu-} + c_{(11)} S_{\mu}^{\mu 1} S_{\nu}^{\nu 1} + c_{(11)} S_{\mu}^{\mu 2} S_{\nu}^{\nu 2} \\ & + 2c_{(12)} S_{\mu}^{\mu 1} S_{\nu}^{\nu 2} + 2c_{(33)} S_{\mu}^{\mu+} S_{\nu}^{\nu-}, \end{aligned} \quad (2)$$

## 9. Four Bosons Electromagnetism

$$\begin{aligned} L_{GF} = & \frac{1}{4}\xi_{(11)}S_{\mu}^{\mu 1}S_{\nu}^{\nu 1} + \frac{1}{4}\xi_{(22)}S_{\mu}^{\mu 2}S_{\nu}^{\nu 2} + \frac{1}{2}\xi_{(12)}S_{\mu}^{\mu 1}S_{\nu}^{\nu 2} + \\ & + \frac{1}{4}(\xi_{(33)} + \xi_{(44)})S_{\mu}^{\mu +}S_{\nu}^{\nu -} + \frac{1}{4}(\xi_{(33)} - \xi_{(44)})\text{Re}\left\{S_{\mu}^{\mu +}S_{\nu}^{\nu +}\right\} + \\ & + \frac{\sqrt{2}}{2}S_{\mu}^{\mu 1}\text{Re}\left\{[\xi_{(13)} + i\xi_{(14)}]S_{\nu}^{\nu +}\right\} + \\ & \frac{\sqrt{2}}{2}S_{\mu}^{\mu 2}\text{Re}\left\{[\xi_{(23)} + i\xi_{(24)}]S_{\nu}^{\nu +}\right\} \\ & - \frac{1}{2}\xi_{(34)}\text{Im}\left\{S_{\mu}^{\mu +}S_{\nu}^{\nu +}\right\}. \end{aligned} \tag{3}$$

## 9. Four Bosons Electromagnetism

$$\begin{aligned} L_3^A = & 4(b_1 F_{\mu\nu} + b_2 U_{\mu\nu}) \left[ \frac{1}{z} \right]^{\mu\nu} + 8b_3 \text{Re} \left\{ \left( \left[ \frac{-1}{z} \right]_{\mu\nu} + \left[ \frac{-2}{z} \right]_{\mu\nu} \right) V_{\mu\nu}^+ \right\} \\ & + 4 \left[ \frac{+}{z} \right]^{\mu\nu} (b_1 F_{\mu\nu} + b_2 U_{\mu\nu}) + 4 \left[ \frac{+}{z} \right]^{\mu\nu} (\beta_1 F_{\mu\nu} + \beta_2 U_{\mu\nu}) \end{aligned} \quad (4)$$

## 9. Four Bosons Electromagnetism

$$\begin{aligned}
 L_3^S = & 2(\beta_1 S_{\mu\nu}^1 + \beta_2 S_{\mu\nu}^2) \left( \binom{(11)}{z}_{\mu\nu} + 2 \binom{(12)}{z}_{\mu\nu} + \binom{(22)}{z}_{\mu\nu} \right) \\
 & + 2(\rho_1 S_{\mu}^{\mu 1} + \rho_2 S_{\mu}^{\mu 2}) \left( \binom{(11)}{z}_{\nu} + 2 \binom{(12)}{z}_{\nu} + \binom{(22)}{z}_{\nu} \right) \\
 & + 2 \left[ (\beta_1 + 4\rho_1) S_{\mu}^{\mu 1} + (\beta_2 + 4\rho_2) S_{\mu}^{\mu 2} \right] \left( \binom{(11)}{\omega}_{\nu} + 2 \binom{(12)}{\omega}_{\nu} + \binom{(22)}{\omega}_{\nu} \right) \\
 & + 8\beta_3 \text{Re} \left\{ \left( \binom{(-1)}{z}_{\mu\nu} + \binom{(-2)}{z}_{\mu\nu} \right) S_{\mu\nu}^+ \right\} + 4 \binom{+3}{z}^{\mu\nu} (\beta_1 S_{\mu\nu}^1 + \beta_2 S_{\mu\nu}^2) \\
 & + 8\rho_3 \text{Re} \left\{ \left( \binom{(-1)}{z}_{\nu} + \binom{(-2)}{z}_{\nu} \right) S_{\mu}^{\mu+} \right\} +
 \end{aligned}$$

## 9. Four Bosons Electromagnetism

$$\begin{aligned}
 & +4 \, {}^{+-3}_{\bar{z}}{}^{\nu} \left( \rho_1 S_{\mu}^{\mu 1} + \rho_2 S_{\mu}^{\mu 2} \right) + 4(\beta_1 + 4\rho_1) \, {}^{+-3}_{\omega}{}^{\nu} S_{\mu}^{\mu 1} + \\
 & +4(\beta_2 + 4\rho_2) \, {}^{+-3}_{\omega}{}^{\nu} S_{\mu}^{\mu 2} + 8\beta_3 \text{Re} \left\{ \left( \begin{smallmatrix} (-1) \\ \bar{z} \end{smallmatrix} \right)_{\mu\nu} + \begin{smallmatrix} (-2) \\ \bar{z} \end{smallmatrix} \right)_{\mu\nu} S_{\mu\nu}^{+} \right\} \\
 & +4 \, {}^{+-3}_{\bar{z}}{}^{\mu\nu} (\beta_1 S_{\mu\nu}^1 + \beta_2 S_{\mu\nu}^2) + 8\rho_3 \text{Re} \left\{ \left( \begin{smallmatrix} (-1) \\ \bar{z} \end{smallmatrix} \right)_{\nu} + \begin{smallmatrix} (-2) \\ \bar{z} \end{smallmatrix} \right)_{\nu} S_{\mu}^{\mu+} \right\} \\
 & +8(\beta_3 + 4\rho_3) \text{Re} \left\{ \left( \begin{smallmatrix} (-1) \\ \omega \end{smallmatrix} \right)_{\nu} + \begin{smallmatrix} (-2) \\ \omega \end{smallmatrix} \right)_{\nu} S_{\mu}^{\mu+} \right\} \\
 & +4 \, {}^{+-3}_{\bar{z}}{}^{\nu} \left( \rho_1 S_{\mu}^{\mu 1} + \rho_2 S_{\mu}^{\mu 2} \right) + 4(\beta_1 + 4\rho_1) \, {}^{+-3}_{\omega}{}^{\nu} S_{\mu}^{\mu 1} \\
 & +4(\beta_2 + 4\rho_2) \, {}^{+-3}_{\omega}{}^{\nu} S_{\mu}^{\mu 2}
 \end{aligned} \tag{5}$$



## 9. Four Bosons Electromagnetism

$$\begin{aligned}
 L_4^A = & 2 \begin{bmatrix} 12 \\ Z \end{bmatrix}_{\mu\nu} \begin{bmatrix} 12 \\ Z \end{bmatrix}^{\mu\nu} + 2 \begin{bmatrix} 12 \\ Z \end{bmatrix}_{\mu\nu} \begin{bmatrix} 21 \\ Z \end{bmatrix}^{\mu\nu} - 4 \begin{bmatrix} 13+ \\ Z \end{bmatrix}_{\mu}^{\mu} \begin{bmatrix} 13- \\ Z \end{bmatrix}_{\nu}^{\nu} - 4 \begin{bmatrix} 23+ \\ Z \end{bmatrix}_{\mu}^{\mu} \begin{bmatrix} 23- \\ Z \end{bmatrix}_{\nu}^{\nu} \\
 & + 4 \begin{bmatrix} 13+ \\ Z \end{bmatrix}_{\mu\nu} \begin{bmatrix} 13- \\ Z \end{bmatrix}^{\mu\nu} + 4 \begin{bmatrix} 23+ \\ Z \end{bmatrix}_{\mu\nu} \begin{bmatrix} 23- \\ Z \end{bmatrix}^{\mu\nu} + 8 \begin{bmatrix} 13+ \\ Z \end{bmatrix}_{\mu\nu} \begin{bmatrix} 23- \\ Z \end{bmatrix}^{\mu\nu} \\
 & - 8 \operatorname{Re} \left\{ \begin{bmatrix} 13+ \\ Z \end{bmatrix}_{\mu}^{\mu} \begin{bmatrix} 23- \\ Z \end{bmatrix}_{\nu}^{\nu} \right\} + 8 \begin{bmatrix} 12 \\ Z \end{bmatrix}_{\mu\nu} \operatorname{Re} \left\{ \begin{bmatrix} + - \\ Z \end{bmatrix}^{\mu\nu} \right\} + 8 \operatorname{Im} \left\{ \begin{bmatrix} 13+ \\ Z \end{bmatrix}_{\mu}^{\mu} \begin{bmatrix} 24- \\ Z \end{bmatrix}_{\nu}^{\nu} \right\} \\
 & + 2 \begin{bmatrix} + - \\ Z \end{bmatrix}_{\mu\nu} \begin{bmatrix} + - \\ Z \end{bmatrix}^{\mu\nu} - 2 \begin{bmatrix} + - \\ Z \end{bmatrix}_{\mu\nu} \begin{bmatrix} - + \\ Z \end{bmatrix}^{\mu\nu} - 4 \begin{bmatrix} + - \\ Z \end{bmatrix}_{\mu}^{\mu} \begin{bmatrix} + - \\ Z \end{bmatrix}_{\nu}^{\nu} \quad (6)
 \end{aligned}$$

## 9. Four Bosons Electromagnetism

$$\begin{aligned}
 L_4^S = & \frac{(11)}{Z}_{\mu\nu} \frac{(11)}{Z}{}^{\mu\nu} + \frac{(22)}{Z}_{\mu\nu} \frac{(22)}{Z}{}^{\mu\nu} + 2 \frac{(11)}{Z}_{\mu\nu} \frac{(11)}{\omega}{}^{\mu\nu} + 2 \frac{(22)}{Z}_{\mu\nu} \frac{(22)}{\omega}{}^{\mu\nu} \\
 & + 4 \frac{(11)}{\omega}_{\mu\nu} \frac{(11)}{\omega}{}^{\mu\nu} + 4 \frac{(22)}{\omega}_{\mu\nu} \frac{(22)}{\omega}{}^{\mu\nu} + 4 \frac{(11)}{Z}_{\mu\nu} \frac{(12)}{Z}{}^{\mu\nu} + 4 \frac{(12)}{Z}_{\mu\nu} \frac{(22)}{Z}{}^{\mu\nu} \\
 & + 8 \frac{(12)}{Z}_{\mu\nu} \frac{(11)}{\omega}{}^{\mu\nu} + 8 \frac{(12)}{Z}_{\mu\nu} \frac{(22)}{\omega}{}^{\mu\nu} + 16 \frac{(11)}{\omega}_{\mu\nu} \frac{(12)}{\omega}{}^{\mu\nu} + 16 \frac{(12)}{\omega}_{\mu\nu} \frac{(22)}{\omega}{}^{\mu\nu} \\
 & + 2 \frac{(11)}{Z}_{\mu\nu} \frac{(22)}{Z}{}^{\mu\nu} + 2 \frac{(12)}{Z}_{\mu\nu} \frac{(12)}{Z}{}^{\mu\nu} + 8 \frac{(12)}{Z}_{\mu\nu} \frac{(12)}{\omega}{}^{\nu\mu} + 16 \frac{(12)}{\omega}_{\mu\nu} \frac{(12)}{\omega}{}^{\nu\mu} \\
 & + 4 \frac{(11)}{Z}{}^{\mu}_{\mu} \frac{(22)}{\omega}{}^{\nu}_{\nu} + 8 \frac{(11)}{\omega}{}^{\mu}_{\mu} \frac{(22)}{\omega}{}^{\nu}_{\nu} + 2 \frac{(12)}{Z}_{\mu\nu} \frac{(12)}{Z}{}^{\nu\mu} + 4 \left( \frac{(11)}{Z}_{\mu\nu} + \frac{(22)}{Z}_{\mu\nu} \right) \frac{1}{Z}{}^{3\mu\nu}
 \end{aligned}$$

## 9. Four Bosons Electromagnetism

$$\begin{aligned}
 & +4 \binom{13+}{z}_{\mu} \binom{13-}{z}_{\nu} + 4 \binom{23+}{z}_{\mu} \binom{23-}{z}_{\nu} + 16 \binom{13+}{z}_{\mu} \binom{13-}{\omega}_{\nu} + 16 \binom{23+}{z}_{\mu} \binom{23-}{\omega}_{\nu} \\
 & + 32 \binom{13+}{\omega}_{\mu} \binom{13-}{\omega}_{\nu} + 32 \binom{23+}{\omega}_{\mu} \binom{23-}{\omega}_{\nu} + 4 \binom{13+}{z}_{\mu\nu} \binom{13-}{z}^{\mu\nu} + 4 \binom{23+}{z}_{\mu\nu} \binom{23-}{z}^{\mu\nu} \\
 & + 8 \left\{ \binom{11}{z}_{\mu}^{\mu} + \binom{22}{z}_{\mu}^{\mu} + 2 \binom{11}{\omega}_{\mu}^{\mu} + 2 \binom{22}{\omega}_{\mu}^{\mu} + 2 \binom{12}{z}_{\mu}^{\mu} + 4 \binom{12}{\omega}_{\mu}^{\mu} \right\} \omega^{\mu\nu} + \\
 & + 8 \binom{12}{z}_{\mu\nu} \operatorname{Re} \left\{ \omega^{\mu\nu} \right\} + 8 \operatorname{Re} \left\{ \binom{13+}{z}_{\mu} \binom{23-}{z}_{\nu} \right\} + 32 \operatorname{Re} \left\{ \binom{13+}{z}_{\mu} \binom{13-}{\omega}_{\nu} \right\} \\
 & + 64 \operatorname{Re} \left\{ \binom{13+}{\omega}_{\mu} \binom{23-}{\omega}_{\nu} \right\} - 8 \operatorname{Im} \left\{ \binom{13+}{z}_{\mu\nu} \binom{24-}{\omega}^{\nu\mu} \right\} - 8 \operatorname{Im} \left\{ \binom{23+}{z}_{\mu\nu} \binom{14-}{\omega}^{\nu\mu} \right\}
 \end{aligned}$$

## 9. Four Bosons Electromagnetism

$$\begin{aligned}
 &+32 \operatorname{Im} \left\{ \begin{smallmatrix} (14+) \\ \omega \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} (23-) \\ \omega \end{smallmatrix} \nu \mu \right\} + 4 \operatorname{Im} \left\{ \begin{smallmatrix} (13+) \\ Z \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} (24-) \\ Z \end{smallmatrix} \nu \mu \right\} - 4 \operatorname{Im} \left\{ \begin{smallmatrix} (14+) \\ Z \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} (23-) \\ Z \end{smallmatrix} \nu \mu \right\} \\
 &+8 \operatorname{Im} \left\{ \begin{smallmatrix} (14+) \\ Z \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} (23-) \\ \omega \end{smallmatrix} \nu \mu \right\} + 8 \operatorname{Im} \left\{ \begin{smallmatrix} (24+) \\ Z \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} (13-) \\ \omega \end{smallmatrix} \nu \mu \right\} - 32 \operatorname{Im} \left\{ \begin{smallmatrix} (13+) \\ \omega \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} (24-) \\ \omega \end{smallmatrix} \nu \mu \right\} \\
 &-16 \left\{ \begin{smallmatrix} (+-) \\ \omega \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} (+-) \\ \omega \end{smallmatrix} \mu \nu - \begin{smallmatrix} (+-) \\ \omega \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} (-+) \\ \omega \end{smallmatrix} \mu \nu \right\} + 8 \begin{smallmatrix} (13+) \\ Z \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} (23-) \\ Z \end{smallmatrix} \mu \nu + \\
 &-4 \begin{smallmatrix} (+-) \\ Z \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} (+-) \\ Z \end{smallmatrix} \mu \nu + 8 \begin{smallmatrix} (+-) \\ Z \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} (+-) \\ \omega \end{smallmatrix} \mu \nu + 16 \begin{smallmatrix} (+-) \\ \omega \end{smallmatrix} \begin{smallmatrix} (+-) \\ \omega \end{smallmatrix} \mu \nu
 \end{aligned}$$

## 9. Four Bosons Electromagnetism

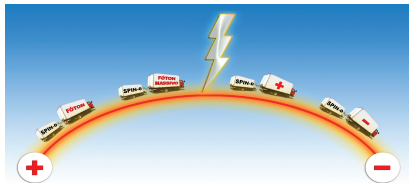
- Setor Antissimétrico e Simétrico  
Termos de Lee, Yang, Salam
- Quatro Transmissores EM Articulados  
Fóton Interligado com os demais portadores de eletromagnetismo
- Comunismo nas Leis da Natureza
- Conservação da Carga:  $\partial_\mu J_N^\mu = 0$

## 10. Navier Stokes Eletromagnética.

- Equações Empreendedoras:  
5 Equações de Movimento, 7 Identidades de Bianchi, 3 Identidades de Noether
- Equação do Fóton Sistêmica

$$\partial_\nu \left\{ a_1 F^{\nu\mu} + a_2 \left( \frac{[12]}{z} [\nu\mu] + \frac{[+-]}{z} [\nu\mu] \right) + a_3 \frac{(+ -)}{z} [\nu\mu] + \right. \\ \left. + g^{\nu\mu} \left[ a_4 S_\alpha^{\alpha 1} + a_5 S_\alpha^{\alpha 2} + a_6 S_\alpha^{\alpha +} + a_7 S_\alpha^{\alpha +} + \right. \right. \\ \left. \left. a_8 \left( \frac{(11)}{z} \alpha + \frac{(22)}{z} \alpha + 2 \frac{(12)}{z} \alpha + 2 \frac{(+ - 3)}{z} \alpha \right) + \right. \right. \\ \left. \left. + a_9 \left( \frac{(11)}{\omega} \alpha + \frac{(22)}{\omega} \alpha + 2 \frac{(12)}{\omega} \alpha + 2 \frac{(+ - 3)}{\omega} \alpha \right) \right] \right\} = J_{\text{syst}}^\mu$$

## 11. Espectroscopia.



- $(4 + 4)$  mensageiros EM.
- Renormalizável e Unitário.
- Cargas

## 12. Onda e Partícula

- Onda:  $\square A_\mu = \dots$
- Partícula: Lorentz Global

$$\begin{aligned}\vec{f}_L &= 4\rho_I \vec{E}^I + 4\vec{j}_I \times \vec{B}^I \\ \vec{f}_M &= 4m_I^2 \vec{A}_I \left( \frac{\partial}{\partial t} \phi^I + \nabla \cdot \vec{A}^I \right) \\ \vec{f}_M &= 4\vec{A}_I \left( \frac{\partial}{\partial t} \rho^I(A) + \nabla \cdot \vec{j}^I(A) \right)\end{aligned}$$



## 13. Novidades

- Individual - Coletivo
- Coletivo: Polarização e Magnetização
- Gestão da Simetria
- Quanta Integrado

# 14. Fotônica

- $A_\mu$  ativo
  - interage consigo
  - interage com todos os outros campos
  - interage com  $\vec{E}$  e  $\vec{B}$
  - interage com a massa
  - interage com o spin
  - presente na energia, momentum
  - presente na força
- Tipos de fóton
  - Escalar, massivo, carregado
- Engenharia Fotônica
  - Onda EM Não-Linear
  - Nova Relação de Dispersão
  - Guias de Onda
  - Telecomunicação Fotônica

## 15. Luz que podemos ver

- Luz: Absoluta, Ubíqua, Auto Interagente.
- Nova Relação de Dispersão
- Engenharia Fotônica

### **Gênesis Apócrifo**

‘Faça-se a luz. E ubíquos fótons autointeragentes aparecerem’

Obrigado!