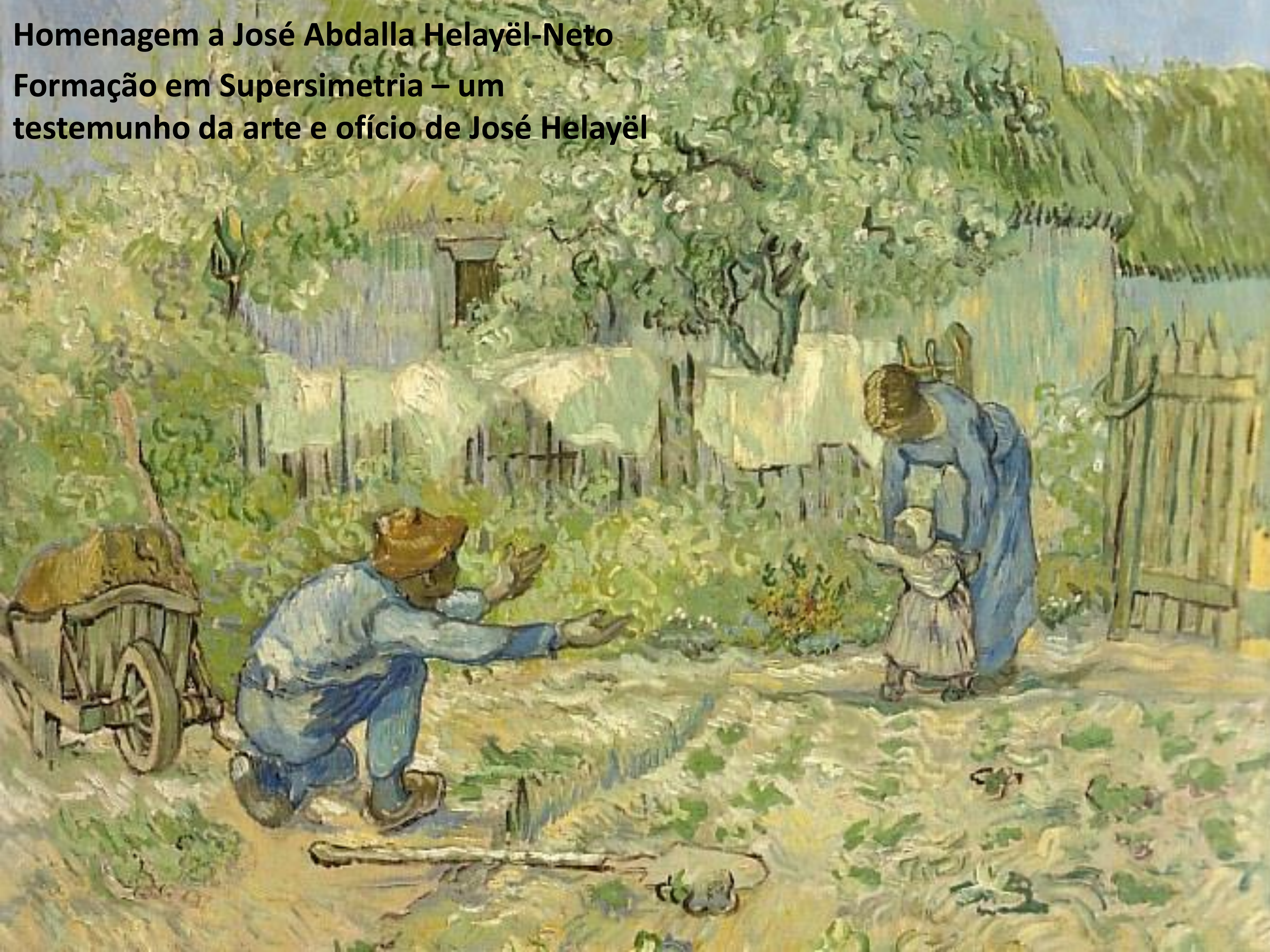
Homenagem a José Abdalla Helayël-Neto

Formação em Supersimetria – um testemunho da arte e ofício de José Helayël



Breve histórico

Bacharelado: PUC-RJ, 1975

Mestrado: PUC-RJ, 1978

SISSA, 1981 – A.R. Namazie, “Superspace and Superfields Techniques for Yang-Mills Theories”

Doutorado: SISSA, 1983

J. J. Strathdee, “Supersymmetric Field-Theoretical Models Beyond the Tree-Level”

Pós-doutorados: SISSA, ICTP, Un. degli Studi di Trieste, SISSA, CBPF

Atuações: CBPF, UCP, GFT-JLL, Aprendanet, Pré-Vestibular Carentes

Visitas, Colaborações, Orientações: SISSA, ICTP, CERN, UTFSM, UFES, UnB, UFJF, UERJ, UNESP-FEG, UFMG, UFSJ, UFRJ, UFF, UFMA, UFV, UFC, UFPA, UFRRJ, UFSM, UEL, NYU, CCNY, UDSP, UDST, UL, RAL,.....

Grupos de Pesquisa (9): CBPF (2), CEFET/RJ, IFSEMG, UNESP, UFRRJ, UEL, UFSM, UFV

Bancas: Mest. ~70, Dout. ~106 (2004)

Orientações: Mestrado (~30/9): 1986 – N. Chair (SISSA), 1989 - M.A.C. Kneipp, J.L. M. Valle (CBPF), ...

Doutorado (~40/17): 1991 – C.A.S. de Almeida (CBPF), 1992 – M.W. de Oliveira, C. Pombo, 1994 – L.P. Colatto,....

Cursos na PG-CBPF: 2013 (3 + 3B), 2012 (2B + 3B), 2011 (2 + 2B), 2010 (2 + 2B), 2009 (2 + 3B), 2008 (3B + 2B), 2007(3B + 3B), ...

Em Física, conceito fundamental: Simetria

- Simetria do espaço-tempo em MQ: TQC

Matriz-S: Coleman-Mandula - Poincaré + simetrias internas x

Haag, Lopuszanski, Sohnius (1975) – álgebra graduada: Supersimetria

- Simetrias “internas” – cargas – fenomenologia do modelo padrão
- Conexão: propagação consistente ->
  - → spins: 0, ½, 1 (Gauge!!), 3/2 (Supergravidade!!!), 2 (TGC + Lorentz local)
- Conexão: Dimensões Extras

E o LHC? Sem SUSY?

- Hierarquia Higgs
- GUT
- Matéria Escura
- Esquemas de quebra de SUSY, realizações não-lineares
- Técnicas de extensão ao superespaço: SUSY-estendida, carga central → equações BPS → soluções de vórtices

De 1990 – meados da década de 2000, único grupo de formação sistemática em Supersimetria no Brasil

- M.A.C. Kneipp, J.L.M. Valle, C.A.S. Almeida, M.W. de Oliveira, M. A. de Andrade, L.P. Colatto, A.L.M.A. Nogueira, M.F.L. Carvalho, D.H.T. Franco, M.S.G. Negrão, M.S. Cunha, L.R.U. Manssur, V.G. Lima, H. Belich, G.S. Dias, R.C. Paschoal, W.G. Ney, P.J. Brockill, W. Spalenza, L.P.G. de Assis, A. Paredes, F.J.L. Leal, L.D. Bernald, L. Ospedal.

Percurso pessoal: 1994 – 1996, Supersymmetric Tensor Matter Fields

$$
\begin{aligned}
\mathcal{S} &= \int d^4x\, d^2\theta\ \tfrac{-1}{128}\left(\overline{D}^2(e^{-V}D^a e^V)\overline{D}^2(e^{-V}D_a e^V)\right) \\
&\quad + \int d^4x\, d^2\theta d^2\overline{\theta}\ \tfrac{-1}{32}\left(\nabla^a\Sigma_a\, e^{hV}\,\overline{\nabla_{\dot{a}}\Sigma^{\dot{a}}} + q\Sigma^a\Sigma_a e^{2hV}\overline{\Sigma}_{\dot{a}}\overline{\Sigma}^{\dot{a}}\right),
\end{aligned}
$$

$$
\overline{D}_{\dot{b}}\Sigma_a = D_b\overline{\Sigma}_{\dot{a}} = 0, \qquad \Sigma_a = \begin{array}{l} \psi_a + \theta^b\Lambda_{ba} + \theta^2\mathcal{F}_a - i\theta^c\sigma^\mu_{c\dot{c}}\bar{\theta}^{\dot{c}}\partial_\mu\psi_a \\ -i\theta^c\sigma^\mu_{c\dot{c}}\bar{\theta}^{\dot{c}}\partial_\mu\theta^b\Lambda_{ba} - \frac{1}{4}\theta^2\bar{\theta}^2\partial_\mu\partial^\mu\psi_a, \end{array}
\qquad \Lambda_{ba} = \varepsilon_{ba}\rho + \sigma^{\mu\nu}_{ba}\lambda_{\mu\nu}\ , \qquad \begin{array}{c} \lambda_{\mu\nu} = T_{\mu\nu} - i\widetilde{T}_{\mu\nu} \\ \widetilde{\lambda}_{\mu\nu} = i\lambda_{\mu\nu} \end{array}
$$

V.E.R. Lemes, R.R. Landim – Renormalização Algébrica – UERJ, S. Sorella

Sentido de Comunidade

1996 – 2002: N=2 MCSH – acoplamento não-mínimo via redução dimensional (+identificações de campos) + (self-dual) vortices (1998-1999)

$$
\begin{aligned}
\mathcal{S} = & \int d^4x \Big(-\frac{1}{4}F^{\mu\nu}F_{\mu\nu} + 2\Delta^2 + i\overline{\gamma}^{\dot a}\overline{\sigma}^{\mu}_{\dot a a}\partial_\mu\gamma^a + \partial^\mu\rho\partial_\mu\rho^* - 16\partial^\mu\lambda_{\mu\nu}\partial_\alpha\lambda^{*\alpha\nu} \\
& + i\overline{\mathcal{F}}^{\dot a}\overline{\sigma}^{\mu}_{\dot a a}\partial_\mu\mathcal{F}^a - i\overline{\psi}^{\dot a}\overline{\sigma}^{\mu}_{\dot a a}\partial_\mu\partial^\nu\partial_\nu\psi^a - i\tfrac{h}{2}\partial^\mu\rho A_\mu\rho^* + i\tfrac{h}{2}\rho A^\mu\partial_\mu\rho^* \\
& + 2h\rho\Delta\rho^* + \tfrac{h^2}{4}\rho A^\mu A_\mu\rho^* - h\gamma^a\mathcal{F}_a\rho^* - h\rho\overline{\gamma}_{\dot a}\overline{\mathcal{F}}^{\dot a} - i\tfrac{h}{2}\rho\gamma^a\sigma^{\mu}_{a\dot a}\partial_\mu\overline{\psi}^{\dot a} \\
& - i\tfrac{h}{2}\rho^*\overline{\gamma}^{\dot a}\overline{\sigma}^{\mu}_{\dot a a}\partial_\mu\psi^a + i\tfrac{h}{2}\partial_\mu\rho^*\psi^a\sigma^{\mu}_{a\dot a}\overline{\gamma}^{\dot a} - i\tfrac{h}{2}\partial_\mu\rho\gamma^a\sigma^{\mu}_{a\dot a}\overline{\psi}^{\dot a} - \tfrac{h}{4}\psi^a\sigma^{\mu}_{a\dot a}A_\mu\partial^\nu\partial_\nu\overline{\psi}^{\dot a} \\
& + \tfrac{h}{4}\overline{\psi}^{\dot a}\overline{\sigma}^{\mu}_{\dot a a}A_\mu\partial^\nu\partial_\nu\psi^a + ih\Delta\overline{\psi}^{\dot a}\overline{\sigma}^{\mu}_{\dot a a}\partial_\mu\psi^a + ih\Delta\psi^a\sigma^{\mu}_{a\dot a}\partial_\mu\overline{\psi}^{\dot a} - \tfrac{h}{4}\partial^\nu A_\nu\overline{\psi}^{\dot a}\overline{\sigma}^{\mu}_{\dot a a}\partial_\mu\psi^a \\
& + \tfrac{h}{4}\partial_\nu A^\nu\psi^a\sigma^{\mu}_{a\dot a}\partial_\mu\overline{\psi}^{\dot a} + \tfrac{h}{2}\mathcal{F}^a\sigma^{\mu}_{a\dot a}A_\mu\overline{\mathcal{F}}^{\dot a} - \tfrac{h}{8}\psi^a(\sigma^\nu\overline{\sigma}^\mu\sigma^\alpha)_{a\dot a}F_{\mu\nu}\partial_\alpha\overline{\psi}^{\dot a} \\
& + \tfrac{h}{8}\partial_\mu\psi^a(\sigma^\mu\overline{\sigma}^\alpha\sigma^\nu)_{a\dot a}F_{\nu\alpha}\overline{\psi}^{\dot a} + h\rho^*F_{\mu\nu}\lambda^{\mu\nu} + h\rho F_{\mu\nu}\lambda^{*\mu\nu} \\
& + 2ih(4\partial_\mu\lambda^{*\mu\nu}\lambda_{\nu\alpha}A^\alpha - 4\partial^\mu\lambda_{\mu\nu}A_\alpha\lambda^{*\nu\alpha}) \\
& - i\tfrac{h^2}{2}\gamma^a(\sigma^\mu\overline{\sigma}^\nu\sigma^\alpha)_{a\dot a}\lambda_{\mu\nu}A_\alpha\overline{\psi}^{\dot a} + \tfrac{h}{2}\psi^a(\sigma^\nu\overline{\sigma}^\mu\sigma^\alpha)_{a\dot a}\overline{\gamma}^{\dot a}\partial_\nu\lambda^*_{\mu\alpha} - \tfrac{h}{2}\partial_\nu\psi^a(\sigma^\nu\overline{\sigma}^\mu\sigma^\alpha)_{a\dot a}\lambda^*_{\mu\alpha}\overline{\gamma}^{\dot a} \\
& + i\tfrac{h^2}{2}\overline{\gamma}^{\dot a}(\overline{\sigma}^\mu\sigma^\alpha\overline{\sigma}^\beta)_{\dot a a}A_\mu\psi^a\lambda^*_{\alpha\beta} - \tfrac{h}{2}\gamma^a(\sigma^\alpha\overline{\sigma}^\beta\sigma^\mu)_{a\dot a}\partial_\mu\lambda_{\alpha\beta}\overline{\psi}^{\dot a} + \tfrac{h}{2}\gamma^a(\sigma^\alpha\overline{\sigma}^\beta\sigma^\mu)_{a\dot a}\lambda_{\alpha\beta}\partial_\mu\overline{\psi}^{\dot a} \\
& + \tfrac{h}{2}\partial_\mu\psi^a(\sigma^\mu\overline{\sigma}^\nu\sigma^\alpha)_{a\dot a}A_\nu\partial_\alpha\overline{\psi}^{\dot a} + \tfrac{h}{4}\partial_\mu\psi^a(\sigma^\nu\overline{\sigma}^\mu\sigma^\alpha)_{a\dot a}A_\nu\partial_\alpha\overline{\psi}^{\dot a} \\
& + \tfrac{h}{4}\partial_\mu\psi^a(\sigma^\mu\overline{\sigma}^\alpha\sigma^\nu)_{a\dot a}A_\nu\partial_\alpha\overline{\psi}^{\dot a} + h^2\Delta\psi^a\sigma^{\mu}_{a\dot a}A_\mu\overline{\psi}^{\dot a} + \tfrac{i}{16}h^2\psi^a(\sigma^\nu\overline{\sigma}^\mu\sigma^\alpha)_{a\dot a}F_{\mu\nu}A_\alpha\overline{\psi}^{\dot a} \\
& + i\tfrac{h^2}{16}\psi^a(\sigma^\nu\overline{\sigma}^\mu\sigma^\alpha)_{a\dot a}F_{\alpha\mu}A_\nu\overline{\psi}^{\dot a} - i\tfrac{h^2}{2}\gamma^a(\sigma^\alpha\overline{\sigma}^\beta\sigma^\mu)_{a\dot a}\lambda_{\alpha\beta}A_\mu\overline{\psi}^{\dot a} + \\
& - i\tfrac{h^2}{4}\partial_\mu\psi^a(\sigma^\mu\overline{\sigma}^\nu\sigma^\alpha)_{a\dot a}A_\nu A_\alpha\overline{\psi}^{\dot a} - i\tfrac{h^2}{8}\partial_\mu\psi^a(\sigma^\nu\overline{\sigma}^\mu\sigma^\alpha)_{a\dot a}A_\nu A_\alpha\overline{\psi}^{\dot a} \\
& + i\tfrac{h^2}{4}\psi^a A_\nu A_\mu(\sigma^\nu\overline{\sigma}^\mu\sigma^\alpha)_{a\dot a}\partial_\alpha\overline{\psi}^{\dot a} + i\tfrac{h^2}{8}\psi^a A_\nu A_\mu(\sigma^\nu\overline{\sigma}^\alpha\sigma^\mu)_{a\dot a}\partial_\alpha\overline{\psi}^{\dot a} \\
& + \tfrac{h^3}{8}\psi^a(\sigma^\nu\overline{\sigma}^\alpha\sigma^\mu)_{a\dot a}A_\nu A_\alpha A_\mu\overline{\psi}^{\dot a} - h^2\gamma^a\psi_a\overline{\gamma}_{\dot a}\overline{\psi}^{\dot a} + 4h^2A^\nu A_\mu\lambda_{\nu\beta}\lambda^{*\beta\mu} \\
& - q\tfrac{1}{\sqrt{2}}(\rho^2 - 4\lambda_{\mu\nu}\lambda^{\mu\nu})\tfrac{1}{\sqrt{2}}(\rho^{*2} - 4\lambda^*_{\alpha\beta}\lambda^{*\alpha\beta}) + 4q\lambda^{\mu\nu}\lambda_{\mu\nu}\overline{\mathcal{F}}_{\dot a}\overline{\psi}^{\dot a} + 4q\lambda^{*\mu\nu}\lambda^*_{\mu\nu}\mathcal{F}^a\psi_a \\
& - 2q\mathcal{F}^a\psi_a\overline{\mathcal{F}}_{\dot a}\overline{\psi}^{\dot a} - q\rho^2\overline{\mathcal{F}}_{\dot a}\overline{\psi}^{\dot a} - q(\rho^*)^2\mathcal{F}^a\psi_a + \tfrac{q}{2}\psi^a\psi_a\partial^\mu\partial_\mu(\overline{\psi}_{\dot a}\overline{\psi}^{\dot a}) \\
& - iq\rho\psi^a\sigma^{\mu}_{a\dot a}\partial_\mu(\overline{\psi}^{\dot a}\rho^*) + 4q\rho\psi^a\sigma^{\mu}_{a\dot a}\partial^\beta(\lambda^*_{\beta\mu}\overline{\psi}^{\dot a}) - 4q\lambda_{\mu\beta}\partial^\beta(\rho^*\overline{\psi}_{\dot a})\overline{\sigma}^{\mu\dot a a}\psi_a \\
& - 16iq\lambda_{\mu\alpha}\partial_\beta(\lambda^{*\beta\alpha}\overline{\psi}_{\dot a})\overline{\sigma}^{\mu\dot a a}\psi_a - qh\Delta\psi^a\psi_a\overline{\psi}_{\dot a}\overline{\psi}^{\dot a} - iq\tfrac{h}{2}A_\mu\psi^a\psi_a\partial^\mu(\overline{\psi}_{\dot a}\overline{\psi}^{\dot a}) \\
& + iq\tfrac{h}{2}A_\mu\partial^\mu(\psi^a\psi_a)\overline{\psi}_{\dot a}\overline{\psi}^{\dot a} - q\tfrac{h^2}{2}A^\mu A_\mu\psi^a\psi_a\overline{\psi}_{\dot a}\overline{\psi}^{\dot a} - qh\rho\gamma^a\psi_a\overline{\psi}_{\dot a}\overline{\psi}^{\dot a} - qh\rho^*\overline{\gamma}_{\dot a}\overline{\psi}^{\dot a}\psi^a\psi_a \\
& - qh\gamma^a\sigma^{\mu\nu}_{ab}\psi^b\overline{\psi}_{\dot a}\overline{\psi}^{\dot a}\lambda_{\mu\nu} + qh\overline{\gamma}^{\dot a}\overline{\sigma}^{\mu\nu}_{\dot a\dot b}\lambda^*_{\mu\nu}\overline{\psi}^{\dot b}\psi^a\psi_a - qh\rho\psi^a\sigma^{\mu}_{a\dot a}A_\mu\overline{\psi}^{\dot a}\rho^* \\
& - 2iqh\rho\psi^a A_\mu(\sigma^\mu\overline{\sigma}^\alpha\sigma^\beta)_{a\dot a}\lambda^*_{\alpha\beta}\overline{\psi}^{\dot a} + 2iqh\rho^*\psi^a(\sigma^\beta\overline{\sigma}^\alpha\sigma^\mu)_{a\dot a}A_\mu\lambda_{\alpha\beta}\overline{\psi}^{\dot a} \\
& + 2qh\psi^a(\sigma^\alpha\overline{\sigma}^\beta\sigma^\gamma\overline{\sigma}^\mu\sigma^\nu)_{a\dot a}\lambda_{\alpha\beta}A_\gamma\lambda^*_{\mu\nu}\overline{\psi}^{\dot a}\Big).
\end{aligned}
$$

$$
\mathcal{S}_{4D} = \int d^4x d^2\theta \left\{ -\frac{1}{8}\mathcal{W}^a\mathcal{W}_a + d^2\overline{\theta}\left[-\frac{1}{2}\mathcal{G}^2 + \frac{1}{2}m\mathcal{V}\mathcal{G} + \frac{1}{16}\overline{\Phi}e^{2h\mathcal{V}}\Phi e^{4g\mathcal{G}} \right] \right\},
$$

$$
\Phi = e^{(-i\theta\sigma^\mu\overline{\theta}\partial_\mu)}\left(\varphi(x) + \theta^a\chi_a(x) + \theta^2 S(x)\right), \quad \overline{D}_{\dot a}\Phi = 0, \quad \overline{D}_{\dot a}\Sigma_a = 0,
$$

$$
\mathcal{G} = \frac{i}{8}\left(D^a\Sigma_a - \overline{D}_{\dot a}\overline{\Sigma}^{\dot a}\right)
$$

$$
\begin{aligned}
\mathcal{S}_{4D} = & \int d^4x \Big\{ -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \frac{1}{3!}G_{\mu\alpha\beta}G^{\mu\alpha\beta} + m\varepsilon^{\mu\nu\alpha\beta}A_\mu\partial_\nu B_{\alpha\beta} \\
& + 2\Delta^2 + \frac{i}{2}\overline{\Lambda}\Gamma^\mu\partial_\mu\Lambda + \partial_\mu M\partial^\mu M + \frac{i}{4}\overline{\Xi}\Gamma^\mu\partial_\mu\Xi + im\overline{\Lambda}\Gamma_5\Xi - 4mM\Delta \\
& + e^{-2gM(x)}\Big[\nabla_\mu\varphi\nabla^\mu\varphi^* + \frac{i}{4}\overline{X}\Gamma^\mu\nabla_{\mu5}X - \frac{g^2}{2}\partial_\mu M\left(\overline{X}\Gamma_L\Gamma^\mu\Xi\varphi^* + \overline{\Xi}\Gamma_L\Gamma^\mu X\varphi\right) \\
& + \frac{g}{2}\left(\overline{\Xi}\Gamma^\mu\Gamma_R X\nabla_\mu\varphi + \overline{X}\Gamma_L\Gamma^\mu\Xi\nabla_\mu\varphi^*\right) - i\frac{g^2}{4}\varphi^*\varphi\overline{\Xi}\Gamma^\mu\partial_\mu\Xi - \frac{g^2}{4h}\overline{\Xi}\Gamma_5\Gamma^\mu\mathcal{J}_\mu\Xi \\
& + \varphi\varphi^*\left(2h\Delta + igh\overline{\Lambda}\Gamma_5\Xi - g^2\partial_\mu M\partial^\mu M\right) - h(\varphi\overline{\Lambda}\Gamma_R X + \varphi^*\overline{\Lambda}\Gamma_L X) \\
& + \left(S - \frac{ig}{2}\overline{X}\Gamma_L\Xi + \frac{g^2}{4}\overline{\Xi}\Gamma_L\Xi\varphi\right)\left(S^* + \frac{ig}{2}\overline{X}\Gamma_R\Xi + \frac{g^2}{4}\overline{\Xi}\Gamma_R\Xi\varphi^*\right)\Big]\Big\}, \qquad (
\end{aligned}
$$

$$
\Xi(x) \equiv \begin{pmatrix} \xi_a(x) \\ \bar{\xi}^{\dot a}(x) \end{pmatrix}, \quad X \equiv \begin{pmatrix} \chi_a \\ \overline{\chi}^{\dot a} \end{pmatrix}, \quad \Lambda \equiv \begin{pmatrix} \lambda_a \\ \overline{\lambda}^{\dot a} \end{pmatrix}, \qquad \nabla_\mu\varphi = \left(\partial_\mu + ihA_\mu + ig\tilde{G}_\mu\right)\varphi
$$

$$
\Gamma^\mu = \begin{pmatrix} 0 & \sigma^\mu_{a\dot b} \\ \bar{\sigma}^{\mu\dot a b} & 0 \end{pmatrix}
$$

$$
\begin{aligned}
\mathcal{S}^{N=2}_{MCS} = & \int d^3x \Big\{ -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \frac{m}{2}\varepsilon^{\mu\nu\alpha}A_\mu\partial_\nu A_\alpha + 2\Delta^2 + \frac{1}{2}\partial_\mu N\partial^\mu N + 2mN\Delta \\
& + \frac{1}{2}\overline{\Lambda}_-(i\partial\!\!\!/ + m)\Lambda_- + e^{2gN}\Big[\nabla_\mu\varphi\nabla^\mu\varphi^* - (hN - 2g\Delta)^2\varphi\varphi^* \\
& + \frac{1}{4}(hN - 2g\Delta)X_+X_+ + \frac{i}{8}(\overline{X}_-\nabla\!\!\!\!/_-X_- + \overline{X}_+\nabla\!\!\!\!/ X_+) \\
& + \frac{ig}{2}\left(\overline{\Lambda}_+\nabla\!\!\!\!/\varphi X_- - h.c.\right) - \frac{g}{2}(hN - 2g\Delta)\left(\overline{\Lambda}_+X_-\varphi + h.c.\right) \\
& - \frac{ig^2}{2}\partial_\mu N\left(\overline{X}_-\gamma^\mu\Lambda_+\varphi^* - \overline{\Lambda}_+\gamma^\mu X_-\varphi\right) - i\frac{g^2}{2}\varphi^*\varphi\left(\overline{\Lambda}_+\partial\!\!\!/\Lambda_+ + \overline{\Lambda}_-\partial\!\!\!/\Lambda_-\right) \\
& + \frac{g^2}{h}\left(\frac{1}{2}(\overline{\Lambda}_+\gamma^\mu\mathcal{J}_\mu\Lambda_+ - \overline{\Lambda}_-\gamma^\mu\mathcal{J}_\mu\Lambda_-) + \overline{\Lambda}_+\Lambda_+h(hN - 2g\Delta)\varphi\varphi^*\right) \\
& + \varphi\varphi^*\left(2h\Delta + 2gh\overline{\Lambda}_+\Lambda_+ - g^2\partial_\mu N\partial^\mu N\right) \\
& - \frac{h}{2}(\varphi\overline{\Lambda}_+X_- + \varphi^*\overline{X}_-\Lambda_+) + \left|S + \frac{g}{2}\overline{X}_-\Lambda_- - \frac{g^2}{2}\varphi\overline{\Lambda}_+\Lambda_-\right|^2\Big]\Big\},
\end{aligned}
$$

Dim. Reduction + Ident.: $\Gamma^\mu = \begin{pmatrix} \gamma^\mu & 0 \\ 0 & -\gamma^\mu \end{pmatrix}, \qquad \Gamma^3 = \begin{pmatrix} 0 & i \\ i & 0 \end{pmatrix}$

$$\partial_3(\text{fields}) = 0.$$

$$
N \equiv -M, \quad \Delta \equiv -\frac{1}{2}\tilde{G}^3, \quad \Lambda_\pm \equiv \pm\frac{i}{2}\Xi_\mp
$$

$$A_\mu \equiv B_\mu$$

$$
\begin{aligned}
X &\to \chi,\ \omega & \qquad X_\pm &= \chi \pm i\omega \\
\Xi &\to \xi,\ \zeta & \qquad \Xi_\pm &= \xi \pm i\zeta \\
\Lambda &\to \lambda,\ \eta & \qquad \Lambda_\pm &= \lambda \pm i\eta
\end{aligned}
$$

$$\nabla_\mu\varphi = \left(\partial_\mu + ihA_\mu + ig\tilde{F}_\mu\right)\varphi.$$

-> Soluções de Vórtices (IJMPA -1999), H.R.Christiansen, M.S. Cunha, J.A. Helayël-Neto, L.R.U. Manssur, A.L.M.A. Nogueira

-> Análise de graus de liberdade (estrutura de vínculos) pelo método do Projetor Simplético (IJMPA - 2002), L.R.U. Manssur, A.L.M.A. N., M. A. Santos

Estímulo a Independência – Horizontalidade – Dispensa de Hierarquia

Anos de Júbilo, Anos de Luta

1994 – 2000

Efervescência no DCP – todos com todos

Pássaros primitivos, representações teatrais, discussões espontâneas e permanentes, miscigenação científica: pos-docs, mestrandos, doutorandos – alto índice de publicação.

2000- Expansão GFT-UCP – ensino, pesquisa e extensão

- Posdocs: A.P.B. Scarpelli, G.G-Ferrer, J.L. Boldo
- Concurso CBPF

Manifesto/Workshop em defesa do grupo

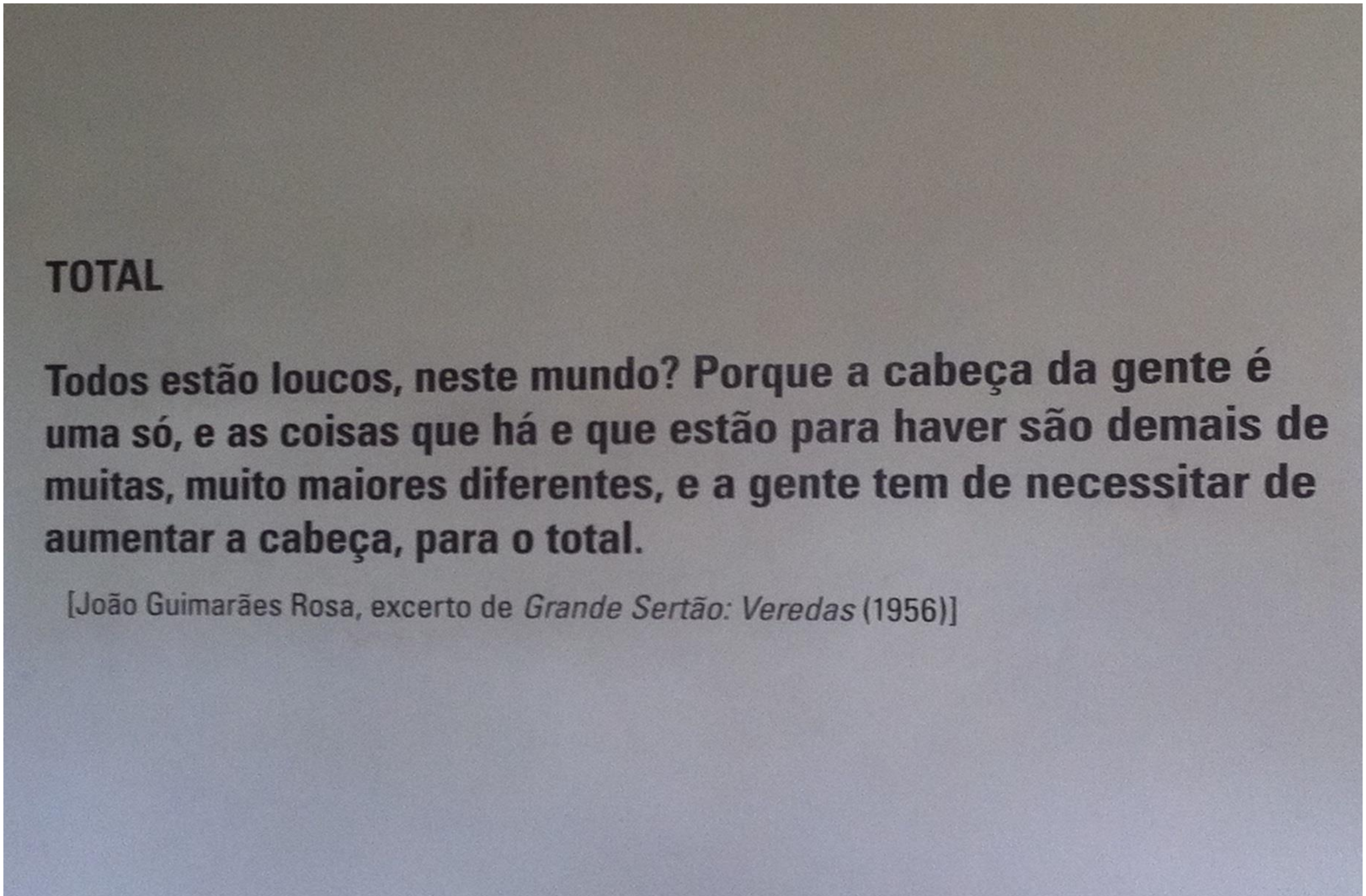
2001-2002 – Relatório Tundisi – APG JLL

Propostas: - FIM da PG DO CBPF

- Fim de recursos financeiros e recursos humanos em áreas “não-prioritárias” – TQC? TQC!

→ Não à Farsa Tundisi – Independência Científica, Autonomia Intelectual Inegociáveis

Manifestos e manifestações - Engajamento de pós-graduandos e funcionários



2002 – Extinção GFT/UCP → Fundação GFT JLL – residência acadêmica

- extensão, pesquisa,

divulgação científica, humanidades

“Pós-guerra”
Não quebramos.

Mas as Simetrias quebram-se... todas?

- Violação da Simetria de Lorentz e (de?) Supersimetria (e de CPT): H. Belich, J.L. Boldo, L.P. Colatto, J.A. Helayël-Neto, A.L.M.A. Nogueira, Phys. Rev. D **68**, 065030 (2003)

$$\Sigma_{CS} = -\frac{1}{4}\int dx^4 \epsilon^{\mu\nu\alpha\beta} c_\mu A_\nu F_{\alpha\beta}$$

$$A = \int d^4x d^2\theta d^2\bar{\theta} \left\{ W^a (D_a V) S + \overline{W}_{\dot{a}} (\overline{D}^{\dot{a}} V) \overline{S} \right\},$$

$$\begin{aligned} \overline{D}_{\dot{a}} S(x) \ &= \ 0 \ \text{ and } S(x) \ = s(x) + i\theta\sigma^\mu \overline{\theta} \partial_\mu s(x) - \frac{1}{4}\overline{\theta}^2 \theta^2 \Box s(x) \\ &+ \sqrt{2}\theta\psi(x) + \frac{i}{\sqrt{2}}\theta^2 \overline{\theta}\overline{\sigma}_\mu \partial_\mu \psi(x) + \theta^2 F(x) . \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{comp.} \ = \ & \int d^4x \left\{ -\frac{1}{2}(s+s^*)F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \frac{i}{2}\partial_\mu (s-s^*)\varepsilon^{\mu\alpha\beta\nu} F_{\alpha\beta} A_\nu + 4D^2 (s+s^*) \right. \\ - \ & 2is\,\lambda\sigma^\mu \partial_\mu \overline{\lambda} - 2is^*\,\overline{\lambda}\overline{\sigma}^\mu \partial_\mu \lambda - \sqrt{2}\lambda(\sigma^{\mu\nu})F_{\mu\nu}\psi + \sqrt{2}\overline{\lambda}(\overline{\sigma}^{\mu\nu})F_{\mu\nu}\overline{\psi} + \\ + \ & \left. \lambda\lambda F + \overline{\lambda}\overline{\lambda}F^* - 2\sqrt{2}\lambda\,\psi D - 2\sqrt{2}\overline{\lambda}\,\overline{\psi}D \right\} \end{aligned}$$

D. Colladay and V. A. Kostelecký, *Phys. Rev.* **D 58**, 116002 (1998);
S. Carroll, G. Field and R. Jackiw, *Phys. Rev.* **D 41**, 1231 (1990);

(Causalidade, Unitariedade: A.P.B. Scarpelli et al., Nucl. Phys. Proc. Suppl. 127, 105 (2004))

Discussão permanece: SUSY → F.J.L.Leal, L.G.D. Bernald, H. Belich, P. Gaete

Violação de Lorentz Não-supersimétrica

Aplicações à Matéria Condensada, Eletromagnetismos Modificados, Modelo Padrão

T. Costa Soares, H. Belich, M.M. Ferreira Jr., R. Casana, W.A. Moura-Melo, K.P.B. Veiga

Aplicação à Gravitação

B. Pereira-Dias

- Aliás, Gravitação – Teorias com Torção, Dimensões Arbitrárias

F.C.P. Nunes, G.O. Pires, V.E.R. Lemes, N. Panza, J.L. Boldo, L.M. Moraes, G. de B. Peixoto, V.J.V. Otoya, R. Nardi, B. P.-Dias, C., Hernaski

- Aliás, Matéria Condensada, Eletromagnetismos Modificados, Teorias de Gauge Estendidas, Configurações Topológicas em TC

M.A.C. Kneipp, G. de O. Neto, M.A. de Andrade, O.M. Del Cima, W.A. Moura-Melo, C.L.S. Batista, C.H. Souza Cruz, M.M. Ferreira Jr., A.B. Penna-Firme, M.A.N. Botta-Cantcheff, C.N. Ferreira, R.C. Paschoal, S. Vellozo, R. Barreto, P.J. Brockill, A. A. R. Ferreira, D. Cocuroci, F.A.G. Ferreira

- Aliás, Fundamentos

G.D. Barbosa, S. Vellozo, M.A. Santos, M.P.R. Leyva, L.P.G. de Assis, R.S. Simões, J. Chauca-Murga, A. Cherman, R. Turcati, A.A.V. Paredes, L. Ospedal, A. J. Domingues

- Aliás, Divulgação Científica, Pré-Vestibular, Divulgação de Espetáculos de Música Erudita,...

Matéria Condensada e Supersimetria

- MQ Supersimétrica
- Campo relativístico em ambiente supersimétrico descreve Grafeno

(estrutura de bandas - relação de dispersão tipo-relativística de massa nula em pontos de Fermi – formulação de campos relativísticos)

Modelo de Jackiw(R. Jackiw ,S.-Y. Pi, Chiral Gauge Theory for Graphene, Phys. Rev. Lett. 98 2007 266402):

$$\mathcal{L}_{\mathrm{HCM-JP}} = \overline{\psi}_+ \gamma^\mu (iD_\mu^+)\psi_+ + \overline{\psi}_- \gamma^\mu (iD_\mu^-)\psi_- - g\varphi\overline{\psi}_+\psi_- - g\varphi^*\overline{\psi}_-\psi_+ \,, \qquad \varphi \to e^{2iq\omega}\,\varphi\,, \qquad \Psi \to e^{iq\omega\gamma_5^J}\,\Psi\,, \qquad \mathbf{A} \to \mathbf{A} + \nabla\omega\,;$$

$$\Psi = \begin{pmatrix} \psi_+ \\ \psi'_- \end{pmatrix} \qquad \Psi \xrightarrow{\text{Parity}} i\gamma^3\gamma^1\,\Psi$$

Extensões Supersimétricas (N=1,D=3): τ_3-QED (E.M.C. Abreu, M.A. de Andrade, L.P.G. de Assis, J.A. Helayël-Neto, A.L.M.A.N., R.C. Paschoal, JHEP 1105 (2011)) e direta

$$\begin{aligned} S_{\mathrm{min.}} \;=\; & \int d^3x d^2\theta \left\{ -\frac{1}{2}\overline{W}W + (\overline{\nabla}\Phi_+^\dagger)(\nabla\Phi_+) + (\overline{\nabla}\Phi_-^\dagger)\,(\nabla\Phi_-) + (\overline{\nabla}\Omega_+^\dagger)(\nabla\Omega_+) + +(\overline{\nabla}\Omega_-^\dagger)\,(\nabla\Omega_-) \right. \\ & \left. + h\left[\left(\Phi_+^\dagger\Phi_-\Omega_+^2 + \Phi_-^\dagger\Phi_+\Omega_+^{\dagger\,2}\right) - \left(\Phi_+^\dagger\Phi_-\Omega_-^{\dagger\,2} + \Phi_-^\dagger\Phi_+\Omega_-^2\right)\right]\right\}\,. \qquad \Omega_\pm = \phi_\pm + \overline{\theta}\omega_\pm - \frac{1}{2}\overline{\theta}\theta S_\pm \end{aligned}$$

Supersimetria Estendida (via Red. Dim.): R-Parity, Bogomol´nyi e Vórtices

$$\begin{aligned} \mathcal{S}_{3D,N=2} \;=\; & \int d^3x d\overline{\theta}_- d\theta_+ \;(\frac{-1}{32})\overline{\mathcal{W}}_-\mathcal{W}_+ \;+ \\ + & \int d^3x d\overline{\theta} d\theta d\overline{\tau} d\tau \left\{ -\frac{1}{16}\left(\overline{\Phi} e^{2h\mathcal{V}}\Phi + \overline{\Psi} e^{2h\mathcal{V}}\Psi + \overline{\Omega}\, e^{-2h\mathcal{V}}\Omega\right)\right\} + \\ + & \int d^3x d\overline{\theta}_- d\theta_+ \;(2g\,\Phi\,\Psi\,\Omega^2) \;+\; \int d^3x d\overline{\theta}_+ d\theta_- \;\left(2g\,\overline{\Phi}\,\overline{\Psi}\,\overline{\Omega}^2\right) \end{aligned}$$

$$\Omega_{3D} \;=\; e^{(-\frac{1}{2}\bar{\theta}_-\gamma^\mu\theta_-\partial_\mu)}\left(\phi + \frac{1}{2}\bar{\theta}_-\kappa_+ + \frac{1}{2}\bar{\theta}_-\theta_+ M\right)$$

Simetrias:

$$\begin{aligned} \Phi' &= e^{2ih\Lambda}\Phi \\ \Psi' &= e^{2ih\Lambda}\Psi \\ \Omega' &= e^{-2ih\Lambda}\Omega \\ \mathcal{V}' &= \mathcal{V} + i\left(\Lambda - \overline{\Lambda}\right) \end{aligned} \qquad \begin{aligned} \Phi^P &\to \overline{\Psi} \\ \Psi^P &\to \overline{\Phi} \\ \Omega^P &\to \overline{\Omega} \\ \mathcal{V}^P &\to \mathcal{V}, \end{aligned}$$

$$\Sigma \xrightarrow{\text{R-Parity}} e^{2i(n_\Sigma)\alpha}\Sigma(e^{-i\alpha}\overline{\theta}_-, x),$$

$$n_\Phi = 1\,;\, n_\Psi = 0\,;\, n_\Omega = 0$$

$$\begin{aligned} X_+ &\xrightarrow{\text{R-Parity}} e^{2i(1-1/2)\alpha}X_+ = e^{+i\alpha}X_+ \\ \psi_- &\xrightarrow{\text{R-Parity}} e^{-2i(0-1/2)\alpha}X_+ = e^{+i\alpha}\psi_- \end{aligned}$$

$$\phi \xrightarrow{\text{R-Parity}} e^{2i(n_\Omega)\alpha}\phi = \phi.$$

Em componentes:

$$\begin{aligned} \mathcal{S}_{MCS}^{N=2} = \int d^3x \Big\{ & -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + 2\Delta^2 + \frac{1}{2}\partial_\mu N \partial^\mu N + hv^2\Delta + \\ & + \frac{1}{2}\bar{\Lambda}_-(i\partial\!\!\!/ + m)\Lambda_- + \Big[(D_{+\mu}\varphi)(D_+^\mu\varphi)^* + (D_{+\mu}\rho)(D_+^\mu\rho)^* + (D_{-\mu}\phi)(D_-^\mu\phi)^* + \\ & - (h^2N^2 - 2h\Delta)\,\varphi\varphi^* - (h^2N^2 - 2h\Delta)\,\rho\rho^* - (h^2N^2 + 2h\Delta)\,\phi\phi^* + |S|^2 + |P|^2 + |M|^2 \\ & + \frac{1}{4}(hN)\,\bar{X}_+X_+ + \frac{1}{4}(hN)\,\bar{\psi}_+\psi_+ + \frac{1}{4}(hN)\,\bar{\kappa}_+\kappa_+ \\ & + \frac{i}{8}(\bar{X}_- D\!\!\!\!/_- X_- + \bar{X}_+ D\!\!\!\!/_+ X_+) + \frac{i}{8}(\bar{\psi}_- D\!\!\!\!/_- \psi_- + \bar{\psi}_+ D\!\!\!\!/_+ \psi_+) + \frac{i}{8}(\bar{\kappa}_- D\!\!\!\!/_+ \kappa_- + \bar{\kappa}_+ D\!\!\!\!/_- \kappa_+) \\ & - \frac{h}{2}\left[(\varphi\bar{\Lambda}_+X_- + \varphi^*\bar{X}_-\Lambda_+) + (\rho\bar{\Lambda}_+\psi_- + \rho^*\bar{\psi}_-\Lambda_+) - (\phi\bar{\Lambda}_+\kappa_- + \phi^*\bar{\kappa}_-\Lambda_+)\right]\Big] \\ & + g\Big[\rho\varphi(\bar{\kappa}_-\kappa_+) + 2\phi\varphi(\bar{\psi}_-\kappa_+) + 2\rho\phi(\bar{X}_-\kappa_+) + \underbrace{\phi^2(\bar{\psi}_-X_+)}_{\text{J-P's Yukawa int.}} + \\ & - 4(2M\phi\varphi\rho + P\varphi\phi^2 + S\rho\phi^2) + h.c.\Big]\Big\}, \end{aligned}$$

Eqs. de Bogomol´nyi (trivialização de uma das cargas de Susy sobre férmions) + Auxiliares on-shell

N=2- Susy-Algebra:

$$\begin{aligned} \{\tilde{\mathcal{Q}}_+\,,\,\overline{\tilde{\mathcal{Q}}}_+\} &\equiv \{\mathcal{Q}_\theta - i\gamma^0\mathcal{Q}_\tau\,,\,\overline{\mathcal{Q}}_\theta + i\overline{\mathcal{Q}}_\tau\gamma^0\} = 2\gamma^0_{\alpha\beta}P_0 + 2\gamma^i_{\alpha\beta}P_i + 4\gamma^0_{\alpha\beta}\,Z + 2\gamma^0_{\alpha\beta}P_0 - 2\gamma^i_{\alpha\beta}P_i \\ \{\tilde{\mathcal{Q}}_-\,,\,\overline{\tilde{\mathcal{Q}}}_-\} &= 4\gamma^0(P_0 - Z) = 4\gamma^0_{\alpha\beta}\,(P_0 + Z)\ . \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & B \pm \frac{h}{2}\left(+2|\phi|^2 - v^2\right) = 0 \\ & E_i \pm \partial_i N = 0 \\ & \partial_0 N = 0 \\ & D_{-0}\phi \mp ihN\phi = 0 \\ & (D_{-1} \mp iD_{-2})\,\phi = 0 \\ & M = 0\ . \end{aligned}$$

Olive, D. I., and Witten, E., Phys. Lett. **B 78**, 97 (1978);
Hlousek, Z., and Spector, D., Nucl. Phys. **B 370**, 143 (1992);
Mod. Phys. Lett. **A 37**, 3403 (1992);
Nucl.Phys. **B 397**, 173 (1993).

Sempre: Acolhimento

- “Mestre superlativo, alma de porta aberta, casa de toda gente, saber feito pão nosso de cada dia.”
- “...amigos do José. Só que estes, e isto compõe a razão desta homenagem, são muitos, são uma multidão, são um povo. ... Da minha pobre percepção do que há, mas que é a que me move, a vida do José é de amplidão sem contorno, sem periferia. Não é um vazio de centros, mas é um contínuo deles.”
- “Amigos, será uma honra imensa, e uma felicidade enorme e sem precedentes. José foi uma das pessoas mais importantes de toda a minha vida, e ele ajudou e formou a muitos, não só pela capacidade espetacular mas sobretudo na sua capacidade de dar a mão e ajudar a levantar pessoas e pela beleza como ser humano !!”
- “Estarei lá! Não existem palavras minhas capazes expressar a honra de poder estar próximo ao ser humano e profissional exemplar. Ele é um dos maiores Maestros da Ciência e Educação no Brasil. Que essa música seja ouvida por muitos anos.”

TODOS os que enfrentaram descaminhos e buscaram recuperação foram acolhidos. E hoje, acolhem. Muito mais do que supersimetristas ou campistas, há uma ESCOLA, uma filosofia, uma ideologia. Abdus Salam: “Scientific knowledge is the common heritage of mankind”. Mas há mais: a ciência precisa ser de todos, porque a humanidade é sua própria herança.

A José Abdalla Helayël-Neto

Professor, Amigo, Pai, Irmão, Espírito, Escola. Tenho o privilégio de testemunhar e conviver com sua competência científica ímpar, sua capacidade de trabalho absolutamente sem paralelo, sua entrega total à formação de juízo crítico, competências e autonomia intelectual, não só para novos pesquisadores, mas também para qualquer ser humano que dele se aproxime com fome de conhecer.

José Helayël define o ideal de professor, de pesquisador, de homem de ciência, de cidadão, e tem reconhecimento pleno, ao qual acrescento meu entusiasmo, de todos os que vivenciaram seu trabalho. Humildade, grandeza e generosidade singulares, manifestando-se em mútua ressonância, simplificando-nos o caminho. Isto se verá, em breve, em todo lugar.

Obrigado, José.