Memorial

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)

O. M. Del Cima
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)
Departamento de Teoria de Campos e Partículas (DCP)
Rua Dr. Xavier Sigaud 150, Urca
22290-180 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil.
oswaldo@cbpf.br

Tendo em vista o caráter essencialmente acadêmico e científico do Memorial, serei breve na descrição da minha atividade acadêmica e de pesquisa durante a graduação, mestrado, doutorado e pós-doutorado, restringindo a atenção apenas ao que possa ser relevante para análise e avaliação do meu perfil profissional para a vaga de Pesquisador Associado I do CBPF, na área de Física Teórica, subárea de Teoria de Campos.

Graduação

No primeiro semestre de 1985, inicio minha graduação em Física (curso de Bacharel em Física) no Instituto de Física (IF) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Já no segundo semestre do mesmo ano, fui selecionado para um projeto de Iniciação Científica do grupo de Supercondutividade liderado pelo Prof. Roberto Nicolsky e Prof. Erich Meyer. Aproveitei tal oportunidade para que pudesse, desta forma, começar a vivenciar e respirar pesquisa, seja no âmbito da Física Teórica quanto Experimental, mesmo impossibilitado de ter uma bolsa de Iniciação Científica, por estar ainda no segundo período da graduação. Iniciei imediatamente minhas atividades, assim que fui aceito pelo grupo de Supercondutividade, participando dos seminários teóricos e experimentais, assim como dos trabalhos de laboratório, sendo esta última atividade indispensável e importantíssima para minha formação como físico.

O gosto pela experiência me levou à minha primeira "experiência" de Monitoria no primeiro semestre de 1986 (terceiro período), de uma série de cinco durante a graduação (todas com bolsa), em *Física Experimental* 2. Passado o terceiro período, durante todo o mês de julho de 1986, estagiei no Laboratório de Metais Amorfos do Instituto de Física (IF) da Universidade de São Paulo (USP), laboratório este liderado pelo Prof. Frank Missel. Lá, minha atividade se resumia à elaboração, pesagem e análise de diversas amostras de metais amorfos supercondutores produzidos pelo processo de *Melt Spining*, amostras estas que foram utilizadas pelo Laboratório de Supercondutividade da UFRJ.

No segundo semestre de 1986 (quarto período) ingressei em mais uma Iniciação Científica, paralelamente à anterior, no Laboratório de Detetores do Departamento de Física Nuclear do IF-UFRJ. Dediquei-me à calibragem e recuperação de detetores de semi-condutores para radiações gama de baixa energia. O contato quase que diário com isótopos radiativos no processo de calibragem dos detetores tornou necessário o aprendizado de técnicas de radio-proteção. Tive também a oportunidade de aprimorar ainda mais as técnicas e procedimentos experimentais em outra área da Física Experimental. Já em relação à atividade didática, neste mesmo quarto período, tive mais uma atividade de Monitoria, desta vez no curso de *Física Moderna* 1.

Felizmente, acabou por sair em março, primeiro semestre de 1987 (quinto período), a bolsa de Iniciação Científica do CNPq (em vigor até março de 1988) para o grupo de Supercondutividade, sendo o projeto denominado: *Termodinâmica de Supercondutores e Conexões Enfraquecidas no Formalismo de Ginzburg-Landau*, projeto este de caráter essencialmente teórico. Passei, então, a me dedicar somente a este projeto, e mesmo tendo este cunho teórico, por estar inserido em um grupo teórico-experimental, não larguei de todo a atividade experimental. Atividade esta na qual elaborei, pela experiência tida no Laboratório de Metais Amorfos do IF-USP, um projeto de *Melt Spiner* para ser construído no IF-UFRJ. Ainda neste quinto período mais uma Monitoria me foi oferecida, novamente em *Física Experimental* 2, assim como da primeira vez.

Em março de 1988 (até quando vigorou a bolsa do CNPq), início do sétimo período, concluí o projeto de Iniciação Científica no grupo de Supercondutividade do IF-UFRJ, atividade esta de muita importância para mim. Foram dois anos de muito trabalho e aprendizado, tanto teórico quanto experimental, além do fato de estar inserido em um ambiente de pesquisa durante este período, o que me foi extremamente prazeroso, estimulante e determinante para a minha escolha pelo trabalho de pesquisa. Aproveito esta oportunidade para expressar a minha profunda gratidão para com o Prof. Roberto Nicolsky por ter-me dado tal oportunidade logo no início da minha graduação, sendo, portanto, quem me iniciou e orientou na pesquisa em Física. Neste sétimo período, dediquei-me também à Monitoria de *Mecânica Clássica* 3, que embora de natureza didática, me estimulou ainda mais ao estudo da Teoria de Campos.

No primeiro semestre de 1989 (nono período[1]) optei por me dedicar à Física Experimental como atividade de pesquisa. Foi através da Monitoria de *Física Moderna Experimental* 1, dada neste período, que comecei mais uma Iniciação Científica, agora no grupo de Espectroscopia Óptica e Luminescência do IF-UFRJ liderado pelo Prof. Fernando de Souza Barros e Prof. Ricardo Borges Barthem. Durante a Monitoria elaborou-se uma experiência de difração por fendas, utilizando-se um laser de Hélio-Neônio, totalmente controlada por um PC.

Já no segundo semestre de 1989 (décimo período), em setembro, obtive uma bolsa de Iniciação Científica do CNPq (em vigor até março de 1990, quando passei a ter uma bolsa de Mestrado da CAPES) para continuar o trabalho junto ao grupo de Espectroscopia Óptica e Luminescência. O projeto por eles proposto ao CNPq já incluía o tema do que seria a tese de Mestrado, Mestrado que iniciei imediatamente assim que me graduei. Ao final deste período, terminei o curso de Bacharel em Física, ingressando no Programa de Mestrado do IF-UFRJ com uma bolsa da CAPES, e colando grau de Bacharel em Física em 12 de janeiro de 1990.

Pós-graduação

Mestrado

Admitido no programa de Mestrado do IF-UFRJ, iniciado no primeiro semestre de 1990 com uma bolsa da CAPES, continuei meu trabalho (já iniciado no primeiro semestre de 1989) junto ao Laboratório de Espectroscopia Óptica e Luminescência, tendo como orientador o Prof. Ricardo Borges Barthem. Paralelamente, cursei duas cadeiras do Mestrado: *Tópicos Avançados em Física do Estado Sólido* e *Mecânica Quântica*, ministradas pelo Prof. Ricardo Borges Barthem e Prof. João Barcelos Neto, respectivamente. Foram estes os cursos responsáveis, especialmente o último, pela transição radical que sofri logo no primeiro semestre do Mestrado, da Física Experimental para a Teórica; foi avassaladora. Fui, de fato, tomado por uma excitação violenta durante o curso de *Mecânica Quântica*, um curso avançado, moderno, muito bem preparado, e tendo como professor um excelente didata, que a todo momento nos estimulava ao debate. Tratou-se de um curso muito marcante para mim, sem dúvida foi o marco da minha transição abrupta para a Física Teórica. Acabei por decidir a largar o trabalho experimental e me aventurar radicalmente no trabalho teórico, mesmo sabendo que havia tido toda uma preparação especial necessária a um físico experimental, e que encontraria certamente muitas dificuldades, mas ainda assim parti para a minha nova e arriscada empreitada. A transição foi de fato extremamente radical, o Mestrado no Laboratório de Espectroscopia Óptica e Luminescência ia de vento em poupa, e já estava aceito para o Programa de Doutorado do Instituto de Óptica da Universidade de Berlin, larguei tudo para me aventurar em uma viagem sem rumo ao mundo da Física Teórica.

Desliguei-me do Programa de Mestrado do IF-UFRJ no final do primeiro semestre de 1990, em julho, abdicando assim da bolsa concedida pela CAPES. Em agosto me inscrevi para o exame de seleção do Programa de Mestrado do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), sendo, felizmente, um dos selecionados. Agraciado com uma bolsa concedida pelo CNPq, comecei logo em setembro (segundo semestre de 1990) a realizar os cursos do Programa de Mestrado do CBPF. Um dos cursos foi determinante na escolha da área que me dedicaria daquele momento em diante em Física Teórica. Apesar das grandes dificuldades técnicas que encontrei no curso, *Métodos de Quantização em Teorias de Gauge*, ministrado pelo Prof. José Abdalla Helayël-Neto, não desisti, trabalhei pesadíssimo e as superei, sempre contando com a sua pronta ajuda. A partir deste curso, o Prof. José Abdalla Helayël-Neto assumiu a minha orientação no Mestrado, interação esta que permanece até hoje, cada vez mais estreita e frutífera à medida que ganho mais experiência, sendo ele para mim sempre uma referência, dada a sua ampla visão da Teoria Quântica de Campos e vasta cultura geral em Física Teórica. Foi também, neste mesmo semestre, que participei pela primeira

[1]Realizei a minha graduação não em quatro anos, e sim em cinco, "enrolei um pouco os bigodes" com a Mecânica Quântica, custando-me um ano a mais.

vez de um encontro nacional, *XI Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos* (setembro/1990, Caxambu, Brasil), aonde tive a oportunidade de assistir a diversos seminários que muito me incentivaram, além de respirar uma atmosfera tão estimulante quanto a da pesquisa em Física de Altas Energias.

No primeiro semestre de 1991 iniciei o trabalho de tese, assim como assumi mais uma Monitoria, desta vez em um curso do Programa de Pós-Graduação do CBPF, *Teoria Clássica de Campos*, ministrado pelo Prof. José Abdalla Helayël-Neto. Começamos, então, a investigar, em colaboração com o Dr. Fernando Rabelo de Carvalho, na época *post-doc* do Grupo de Física Teórica (GFT) da Universidade Católica de Petrópolis (UCP), modelos para campos vetoriais de matéria em três dimensões espaço-temporais. No segundo semestre deste mesmo ano, apresentei, em comunicação oral, alguns resultados parciais do que estávamos investigando no *XII Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos* (setembro/1991, Caxambu, Brasil).

No ano seguinte, segundo semestre de 1992, veio ao Brasil em visita ao CBPF e ao GFT-UCP, o Prof. Olivier Piguet do Département de Physique Théorique da Université de Genève. Tanto no CBPF, quanto no GFT-UCP, ele ministrou o curso *Supersymmetric Gauge Field Theories*, durante o qual tive o meu primeiro contato com a chamada Renormalização Algébrica. Ainda muito inexperiente, pouco pude aproveitar do curso, mas como anteriormente a sua visita, esteve no CBPF e no GFT-UCP, o Prof. Raymond Stora (CERN-TH), oferecendo o curso *Gauge Anomalies and BRS Symmetry*, por isso tive um melhor aproveitamento do que esperara. Durante a estada do Prof. Olivier Piguet, tive oportunidade de discutir vários pontos críticos do trabalho que estava desenvolvendo no Mestrado, já em fase final. Resultados outros foram apresentados em comunicações orais no *XIII Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos* (setembro/1992, Caxambu, Brasil) sobre a dinâmica de mésons vetoriais carregados, e posteriormente sobre suas conseqüências físicas no *XIV Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos* (setembro/1993, Caxambu, Brasil). No mesmo período estava de passagem pelo CBPF e GFT-UCP o Prof. Masud Chaichian (Helsinki U.), com ele tive diversas discussões que resultaram na publicação do meu primeiro trabalho. Ao final do Mestrado, já tendo sido aprovado em primeiro lugar no exame de seleção do Programa de Doutorado do CBPF, tive os dois trabalhos da Tese aceitos para publicação: O.M. Del Cima, *Probing the Froissart bound for models with charged vector fields in* D=3, Mod.Phys.Lett.A9(1994)1695-1700; O.M. Del Cima e F.A.B. Rabelo de Carvalho, *Some quantum aspects of complex vector fields with Chern-Simons term*, Int.J.Mod.Phys.A10(1995)1641-1654.

A Tese de Mestrado, *Aspectos da Dinâmica de Campos Vetoriais Complexos em* 3 *Dimensões*, sob orientação do Prof. José Abdalla Helayël-Neto, foi defendida em 2 de julho de 1993.

Doutorado

Durante o Mestrado, o meu interesse pela Teoria Quântica de Campos se tornou evidente, especialmente no que se referia à Renormalização Algébrica. Apesar de já ser aluno de Doutorado do CBPF-DCP, sob orientação do Prof. José Abdalla Helayël-Neto, decidi, ainda assim, por tentar realizar o meu Doutorado sob orientação do Prof. Olivier Piguet em Genebra, que prontamente me aceitou como seu aluno. Infelizmente, isso não foi possível de ser realizado graças as freqüentes recusas das bolsas de Doutorado no Exterior requeridas ao CNPq e à CAPES, através de pareceres[2], de seus respectivos Comitês Assessores, de caráter bastante duvidosos. Apesar de todas as dificuldades por mim encontradas, que não foram poucas (tanto José quanto Olivier foram testemunhas disso), para desenvolver o projeto[3] de Doutorado proposto pelo Prof. Olivier Piguet em Genebra (*Ultraviolet Finite Supersymmetric Gauge Theories*), sobrevivi, perseverei; o pouco que consegui posteriormente foi por mérito do trabalho, do esforço, do sacrifício e da dedicação. De fato todos fomos muito prejudicados, o projeto acabou por não ser realizado, mesmo com algumas visitas do Olivier ao Rio de Janeiro e Petrópolis, e uma ida minha à Genebra. Tendo em vista o grau de dificuldade técnica e abrangência do projeto, o mesmo não pôde ser levado à frente impossibilitado pela distância, que nos restringiu à freqüência de um encontro por ano.

Paralelamente ao trabalho original de tese, *Ultraviolet Finite Supersymmetric Gauge Theories*, trabalhei intensamente em colaboração com alguns colegas do DCP em diversos outros projetos, pois sabia que investir única e exclusivamente no projeto original, ainda mais estando sozinho por aqui, me levaria provavelmente ao fracasso. Iniciei então uma forte colaboração com o Dr. Marco Antônio de Andrade, na época doutorando também do CBPF-DCP, aonde começamos a estudar modelos supersimétricos N=1 no espaço-tempo de Atiyah-Ward, que de início resultou na publicação de dois trabalhos: M.A. De Andrade e O.M. Del Cima, N=1 *super-*τ_3*QED from Atiyah-Ward space-time*, Phys.Lett.B347(1995)95-100; M.A. De Andrade e O.M. Del Cima, *Super-*τ_3*QED and the dimensional reduction of* N=1 *super-*QED_{2+2}, Int.J.Mod.Phys.A11(1996)1367-1389. Alguns dos resultados destes dois trabalhos já haviam sido apresentados em comunicação oral no *XV Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos* (outubro/1994, Angra dos Reis, Brasil).

[2] Em anexo a este Memorial segue uma carta por mim enviada ao CA de Física e Astronomia do CNPq.

[3] Segue em anexo a este Memorial seu projeto, sua carta de recomendação ao CNPq, e outra enviada pelo Prof. Masud Chaichian.

De 27 de marco a 7 de abril de 1995, Marco e eu participamos da *Spring School and Workshop on String Theory, Gauge Theory and Quantum Gravity* (março-abril/1995, Trieste, Itália), realizada no The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP). Lá estando, aproveitamos a oportunidade para terminar um trabalho já iniciado em colaboração com o Dr. Luiz Paulo Colatto, na época *post-doc* do ICTP-HE (High Energy Section), resultando em uma publicação: M.A. De Andrade, O.M. Del Cima e L.P. Colatto, *N=1 super-Chern-Simons coupled to parity-preserving matter from Atiyah-Ward space-time*, Phys.Lett.B370(1996)59-64. Após este período no ICTP, fui a Genebra visitar Olivier no Département de Physique Théorique da Université de Genève, para que pudéssemos discutir alguns problemas relacionados ao meu projeto original de Tese. Ainda em 1995, apresentei no *XVI Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos* (outubro/1995, Caxambu, Brasil), em comunicação oral, alguns resultados preliminares sobre a possibilidade de estados ligados elétron-elétron na QED planar via mecanismo de quebra espontânea de simetria.

No ano seguinte, em junho de 1996, apresentei este trabalho, elaborado em conjunto com José e Marco, já em estado mais avançado, como seminário da conferência *QS96 - Quantum Systems: New Trends and Methods* (junho/1996, Minsk, Bielorússia), o mesmo foi publicado nos *proceedings* sob o título: *Electron-pair condensation in parity-preserving QED_3*. A participação nesta conferência foi-me de extrema importância, tanto do ponto de vista científico como pessoal, visto ter sido a minha primeira apresentação de um seminário em uma conferência internacional, assim como tive também a oportunidade de discutir diversos pontos do trabalho com o Prof. Joel Sucher (Maryland U.), um renomado especialista em potenciais de espalhamento.

Ainda em 1996, passei o mês de setembro no ICTP-HE como *short-term visitor*, aonde tive a oportunidade de apresentar o mesmo trabalho, sob o mesmo título do apresentado no *QS96* (junho/1996, Minsk, Bielorússia), como seminário da High-Energy Section do ICTP. As discussões que se sucederam com o Prof. Kumar Shiv Narain (ICTP-HE) foram fundamentais para que entendêssemos mais profundamente o papel do mecanismo de Higgs na possível formação de estados ligados elétron-elétron no modelo por nós proposto. Durante a minha estada no ICTP, tomei ciência, através do *job announcements* do Los Alamos National Laboratory, de que uma posição para *post-doc* no grupo do Prof. Manfred Schweda, no Institut für Theoretische Physik (ITP) da Technische Universität Wien (TU-Wien), estava disponível. Posição esta financiada pelo Fonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung (FWF), contrato número P11654-PHY. Resolvi então arriscar, e me candidatei a tal posição. Estava também no ICTP como *short-term visitor*, o Dr. Daniel Heber Theodoro Franco, e lá iniciamos o estudo da consistência quântica, a todas as ordens em teoria de perturbação, do modelo que José, Marco e eu havíamos proposto para formação de estados ligados elétron-elétron em três dimensões espaço-temporais. O método utilizado neste estudo, em colaboração também com Olivier e José, foi o da Renormalização Algébrica, analisamos por meio desta o modelo tanto na fase simétrica quanto na quebrada, resultando ser este perturbativamente estável e isento de anomalias em ambas as fases. Os resultados da renormalização algébrica do modelo nas fases simétrica e quebrada foram posteriormente publicados: O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.A. Helayël-Neto e O. Piguet, *Algebraic renormalization of parity-preserving QED_3 coupled to scalar matter I: unbroken case*, Phys.Lett.B410(1997)250-256; *Algebraic renormalization of parity-preserving QED_3 coupled to scalar matter II: broken case*, Phys.Lett.B416(1998)402-408.

Poucas semanas depois de retornar do ICTP, recebi uma mensagem[4] do Prof. Manfred Schweda me comunicando ter sido eu aceito para a posição de *post-doc* em seu grupo na TU-Wien-ITP com uma bolsa do FWF.

Em 16 de dezembro de 1996, a Tese de Doutorado, *Pares Condensados de Elétrons na QED_3 com Simetria de Paridade em D=1+2*, sob orientação do Prof. José Abdalla Helayël-Neto e Prof. Olivier Piguet, foi finalmente defendida.

Professor adjunto: PUC-RIO

Posteriormente ao término do Doutorado, fui notificado pelo Departamento de Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO), de que havia obtido a vaga de Professor Adjunto, na categoria de vínculo extraordinário. Além do trabalho de pesquisa, lá também lecionei na graduação, no primeiro semestre de 1997, o curso de *Métodos Matemáticos para Física e Engenharia*. Durante este semestre, além da atividade didática, me dediquei muito aos projetos que estavam em andamento desde o final do Doutorado, assim como aos outros mais que surgiram.

Depois do estudo algébrico do modelo que José, Marco e eu havíamos proposto para formação de estados ligados elétron-elétron em três dimensões espaço-temporais, mencionado anteriormente, por fim terminamos o trabalho, uma versão totalmente reformulada da publicada nos *proceedings* do *QS96* (junho/1996, Minsk, Bielorússia). Lá analisamos profundamente o modelo e suas consequências dinâmicas, como por exemplo, a geração de potencial

[4] Em anexo ao Memorial segue a mensagem do Prof. Manfred Schweda.

atrativo no espalhamento elétron-elétron, o que poderia vir a favorecer ao surgimento de estados ligados de elétrons: M.A. De Andrade, O.M. Del Cima e J.A. Helayël-Neto, *Electron-pair condensation in parity-preserving* QED_3, Il Nuovo CimentoA111(1998)1145-1162.

Em conjunto com Olivier, José e Daniel, obtivemos uma prova algébrica, a todas as ordens em teoria de perturbação, da não-renormalização da constante de acoplamento de Chern-Simons, na presença de matéria bosônica e fermiônica, para uma variedade geral Riemanniana tri-dimensional topologicamente equivalente ao espaço plano. Provamos também, pelo mesmo método (via uma versão local da equação de Callan-Symanzik proposta por nós), a finitude perturbativa da teoria de Yang-Mills-Chern-Simons: O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.A. Helayël-Neto e O. Piguet, *On the non-renormalization properties of gauge theories with Chern-Simons terms*, J.High Energy Phys.(JHEP)02(1998)002.

Como em setembro do mesmo ano estava de partida para o *post-doc* em Viena, rescindi então o meu contrato com a PUC-RIO, deixando ainda alguns projetos em andamento que foram posteriormente publicados quando já estava na TU-Wien-ITP.

Pós-doutorado

Technische Universität Wien (TU-Wien)

Em 9 de setembro de 1997 iniciei o *post-doc* no Institut für Theoretische Physik (ITP) da Technische Universität Wien (TU-Wien) no grupo do Prof. Manfred Schweda. Durante os seis primeiros meses me dediquei principalmente ao término de alguns trabalhos que estavam em andamento no período em que estive no Departamento de Física da PUC-RIO. No entanto, assim que cheguei à TU-Wien, conheci o Dr. Karl Landsteiner, também *post-doc* da TU-Wien e recém-chegado da University of California-Santa Barbara. Junto com Manfred, partimos imediatamente para o estudo da equivalência, para modelos topológicos do tipo Schwarz, entre a álgebra de supersimetria N=4 em D=3, e as simetrias de BRS e anti-BRS em conjunção com suas respectivas simetrias topológicas. Obtivemos também via redução dimensional para D=2 duas novas simetrias do modelo BF bi-dimensional: O.M. Del Cima, K. Landsteiner e M. Schweda, *Twisted N=4 SUSY algebra in topological models of Schwarz type*, Phys.Lett.B439(1998)289-300.

Em março de 1998, pleno inverno austríaco, participei da *37. Internationale Universitätswochen für Kern- und Teilchenphysik - "Broken Symmetries"* (março/1998, Schladming, Áustria) aonde apresentei um seminário entitulado: *Can the Higgs mechanism favour an electron-pair condensation in three dimensions?*, tendo o seu resumo publicado nos *proceedings*.

No período em que estive, junto com Daniel, no ICTP como *short-term visitor* em setembro de 1996, Luiz Paulo ainda era *post-doc* do ICTP. Decidimos então, Daniel e eu, iniciar junto com ele um trabalho, desta vez se tratando de um modelo supersimétrico N=1 em três dimensões que Marco, Luiz Paulo e eu, havíamos obtido via redução dimensional *à la* Nishino de um modelo com supersimetria N=1 no espaço-tempo de Atiyah-Ward. Nosso trabalho se resumiu ao estudo da renormalizabilidade do modelo através do método algébrico de renormalização: L.P. Colatto, M.A. De Andrade, O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.A. Helayël-Neto e O. Piguet, *Renormalization of the N=1 Abelian super-Chern-Simons theory coupled to parity-preserving matter*, J.Phys.G24(1998)1301-1307.

Enquanto ainda estava na PUC-RIO, Olivier, José, Daniel, e eu, estávamos em busca da prova da invariância quântica de escala exata, a todas as ordens em teoria de perturbação, do modelo BF-Yang-Mills em três-dimensões, utilizando-se da mesma técnica por nós introduzida, a versão local da equação de Callan-Symanzik. Acabamos por terminar o trabalho após a minha participação em Schladming: O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.A. Helayël-Neto e O. Piguet, *Exact scale invariance of the BF-Yang-Mills theory in three dimensions*, J.High Energy Phys.(JHEP)04(1998)010.

Já no começo do verão de 1998, em maio, fui a São Petersburgo participar da *VIII St. Petersburg International School of Physics - Quantum Theory in honour of V.A. Fock* (maio/1998, São Petersburgo, Rússia) no Euler International Mathematical Institute, aonde apresentei um seminário entitulado: *An algebraic proof on the finiteness of Yang-Mills-Chern-Simons theory in D=3*. Entre um dos organizadores estava o Prof. Moshé Flato (U. de Bourgogne), que pessoalmente após o seminário, registrou interesse em receber diretamente o trabalho para posterior publicação na Letters in Mathematical Physics, revista na qual era o Editor. Por ironia do destino, o trabalho foi publicado no volume especial em memória ao seu abrupto falecimento acontecido em 27 de novembro de 1998: O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.A. Helayël-Neto e O. Piguet, *An algebraic proof on the finiteness of Yang-Mills-Chern-Simons theory in D=3*, Lett.Math.Phys.47(1999)265-273. Após São Petersburgo, em agosto de 1998, apresentei também este trabalho como comunicação oral no *XIX Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos* (agosto/1998, Caxambu, Brasil). Assim que retornei do *XIX ENFPC*, iniciei minhas aulas, em conjunto com José, no Programa de Pós-graduação do CBPF, sobre *Aspectos da QED em D=1+2*.

Retornando à Viena. O outono de 1998 estava por ser muito proveitoso, e de fato foi extremamente intenso, pois aconteceu, durante os meses de setembro a novembro, o *workshop Quantization, Generalized BRS Cohomology and Anomalies* (setembro-novembro/1998, Viena, Áustria) no the Erwin Schrödinger International Institut for Mathematical Physics (ESI), sendo Manfred um dos organizadores. Olivier e Daniel estiveram visitando Viena para participarem da conferência, e daí começamos a estudar mais profundamente a dependência de *gauge* do potencial efetivo em teorias com quebra espontânea de simetria para classes de *gauge* generalizados tipo 't Hooft. Concluímos, portanto, através do uso do formalismo da simetria de BRS estendida, que as identidades de Nielsen, que controlam a dependência de *gauge* do potencial efetivo, são satisfeitas mesmo para o caso geral que estávamos considerando, contrariamente ao amplamente aceito e divulgado na literatura: O.M. Del Cima, D.H.T. Franco e O. Piguet, *Gauge independence of the effective potential revisited*, Nucl.Phys.B551(1999)813-825. Como neste trabalho abordamos o caso particular de grupos não-Abelianos semi-simples, resolvi então dar uma prova mais geral, a todas as ordens em teoria de perturbação, da validade das identidades de Nielsen. Em se tratando de teorias não-Abelianas D-dimensionais, renormalizáveis com grupo de simetria de *gauge* compacto, quantizadas em *gauges* gerais covariantes e lineares, as identidades de Nielsen também são válidas: O.M. Del Cima, *Probing the Nielsen identities*, Phys.Lett.B457(1999)307-310. Durante o *workshop* do ESI, Manfred me convidou para co-orientar seu aluno de Mestrado do the Niels Bohr Institute (NBI) - Copenhagen, Jesper Møller Grimstrup, cujo orientador do NBI era o Prof. Poul Olesen (NBI). Prontamente aceitei e sugeri a ele um projeto, que constava na análise algébrica da renormalizabilidade e finitude perturbativa de um novo modelo topológico que havia proposto, o modelo BFK como assim o denominamos, na verdade, uma versão tri-dimensional do modelo introduzido por Chamseddine e Wyler em duas dimensões. A Tese de Mestrado do Jesper, entitulada *Renormalization and finiteness of a generalized BF field theory*, foi defendida no NBI em 17 de junho de 1999, pouco antes de submetermos o trabalho para publicação, que foi logo depois aceito: O.M. Del Cima, J.M. Grimstrup e M. Schweda, *On the finiteness of a new topological model in D=3*, Phys.Lett.B463(1999)48-56.

Apesar de estar na TU-Wien-ITP, mantive sempre um estreito contato com o CBPF-DCP, dado o número de colaborações, assim como já estabeleci algumas orientações e co-orientações aqui no CBPF-DCP, o que sem dúvida alguma me trouxe um vínculo profissional ainda maior. No que diz respeito ao emocional, esse sempre foi explícito da minha parte, afinal, fui aluno daqui no Mestrado e Doutorado, período este extremamente produtivo, no qual tive a minha formação como pesquisador moldada aqui. Bom, resumindo, sou de fato apaixonado por este Centro. De volta à Terra, aos vínculos profissionais, recebi a primeira proposta de co-orientação de José Luis Boldo (CBPF-DCP), aluno de doutorado do Prof. José Abdalla Helayël-Neto. Nós três, em colaboração com Marco, começamos em junho de 1999 (posteriormente se juntou a nós o Luiz Paulo) a trabalhar no cálculo de superpropagadores no superespaço para teorias em três dimensões espaço-temporais com supersimetria explicitamente quebrada: J.L. Boldo, L.P. Colatto, M.A. De Andrade, O.M. Del Cima and J.A. Helayël-Neto, *Superpropagators for explicitly broken 3D-supersymmetric theories*, Phys.Lett.B468(1999)96-101. Trabalho este apresentado por José como comunicação oral no *XX Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos* (outubro/1999, São Lourenço, Brasil). Durante uma visita relâmpago ao CBPF, em julho deste mesmo ano para acertar algumas arestas do trabalho mencionado anteriormente, ficou acertada a orientação do doutorando Manoel Messias Ferreira Jr. (CBPF-DCP) em conjunto com o Dr. Hugo Rolando Christiansen (CBPF-DCP). O projeto de Tese do Manoel é uma aplicação direta do modelo proposto em minha Tese de Doutorado. Enquanto lá abordei aspectos mais formais ligados à consistência física do modelo, agora estamos interessados em saber se de fato o tal modelo pode vir a ser aplicado à alguma realidade física, pois consistente do ponto-de-vista teórico ele é. Falta agora verificar se há de fato estados ligados elétron-elétron, pois por ser o potencial efetivo atrativo entre os elétrons devido ao mecanismo de Higgs, espera-se que isso favoreça ao surgimento de estados ligados. No momento, Manoel está trabalhando na resolução numérica da equação de Schrödinger associada ao sistema planar elétron-elétron. Os recentes resultados por ele obtidos mostram que pelo menos no caso de momento angular l=0 há estado ligado, faltando agora verificar se o mesmo acontece para momentos angulares não-nulos. Se isto ocorrer, partiremos imediatamente para o ajuste fino dos parâmetros livres do modelo para que tentemos ver se é possível simular estados ligados elétron-elétron de supercondutores de alto-T_c. Como o modelo nos permite trabalhar tanto no regime de acoplamento eletrônico forte quanto no fraco, tendo ainda à disposição o emparelhamento eletrônico do tipo singleto (onda-s) ou tripleto (onda-p), acreditamos que valha a pena tentar. Eu, particularmente, estou demasiadamente empolgado com este projeto e seus desdobramentos.

Na mesma época da defesa de tese do Jesper, em junho de 1999, quando faltavam em torno de três meses para o término do contrato de *post-doc* da TU-Wien com o FWF, Manfred me chamou para uma conversa particular em sua sala, foi quando me ofereceu uma renovação do contrato por mais dois anos com a TU-Wien. Como estava longe da minha família (esposa e dois filhos que aqui ficaram) por quase dois anos, os vendo apenas quando vinha por pouco tempo ao Brasil, não titubiei, recusei a oferta, não suportava mais tal distância. Apesar de tê-la recusado, esta proposta foi, sem dúvida alguma, o maior sinal de reconhecimento do meu esforço como *post-doc*. O convívio na TU-Wien era ótimo, não tão bom quanto o que eu tinha aqui no DCP quando aluno de Mestrado e depois de Doutorado, mas era um bom ambiente de trabalho com ótima infra-estrutura. Trabalhei na TU-Wien o máximo possível, com muita seriedade e dedicação, para que assim outros possam no futuro ter a mesma oportunidade que eu, e creio que seja possível de fato, pois as portas estão abertas, isso é um fato concreto como espero poder mostrar na defesa deste Memorial através de um projeto de colaboração em fase adiantada de elaboração. Temos já uma sólida colaboração, que oficializaremos através deste projeto de pesquisa (iniciado por Manfred e eu) envolvendo a TU-Wien-ITP, CBPF-DCP (e GFT-UCP), UFES e IFT-Unesp, tendo Manfred Schweda, José Abdalla Helayël-Neto, Olivier Piguet e Bruto Max Pimentel como os respectivos coordenadores de cada instituição no projeto. Contudo, esperamos obter financiamento do FWF, da FAPERJ, da FAPESP e do CNPq, visto que sem este apoio, nada feito.

Em julho de 1999, durante aquela rápida visita ao CBPF, mencionada anteriomente, apliquei para a bolsa de Fixação de Pesquisador da FAPERJ aqui para o CBPF-DCP, já que havia decidido retornar de vez para casa. Em conseqüência disso, nada mais natural do que vir trabalhar no DCP, aonde me formei como pesquisador. Aqui estou, cheguei de Viena em setembro de 1999, mas até o presente momento a única resposta obtida da FAPERJ é que "estouraram-se as cotas de bolsa para o CBPF". Prefiro não comentar aqui o que penso a respeito disso. Felizmente, a partir do mês de fevereiro deste ano me foi concedida uma bolsa de *post-doc* pela UCP.

Nos meus três últimos meses na TU-Wien, antes de retornar definitivamente para o Brasil, elaborei alguns projetos nos quais gostaria de trabalhar quando aqui chegasse. Dois deles apresento no **Alguns dos projetos a serem realizados no CBPF**. Em relação aos trabalhos, aqueles em andamento listo em **Em andamento**, os já publicados, submetidos ou em fase final, desde que já tenham seus números de pre-print, estão nas **Publicações**.

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF)

Quando decidi retornar para o CBPF, dentre um dos objetivos estava o de ficar, me estabelecer aqui, fazer aqui a minha carreira, é daqui que gosto, é este lugar ao qual me identifico, aonde tenho prazer em trabalhar, discutir física, colaborar com meus colegas, interagir com os alunos, estimulá-los, orientá-los, trabalhar para tornar o CBPF um lugar ainda melhor do que já é. Este Centro me estimula muito, não sei se somente pelo ambiente, mas creio que também por seu passado. Na verdade, tenho apenas uma certeza, de que estou decidido a me tornar um pesquisador deste Centro, força de trabalho tenho, motivação também, e lutarei arduamente para que isso se concretize. Por isso, apesar de todas as dificuldades resultantes de ter ficado sem bolsa de setembro do ano passado a fevereiro deste ano, trabalhei pesado, pois tenho um objetivo, e estou determinado a conquistá-lo.

Logo assim que aqui cheguei, em setembro de 1999, iniciei minhas atividades. Dentre elas, fui ao *XX Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos* (outubro/1999, São Lourenço, Brasil) apresentar em comunicação oral parte dos últimos resultados obtidos no trabalho: O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, O. Piguet e M. Schweda, *Is there a parity anomaly in massless* QED_3*?*.

Em dezembro de 1999, Olivier, José, Daniel e eu, terminamos de preparar um *Comment*: O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.A. Helayël-Neto e O. Piguet, *Comment on "On spin-1 massive particles coupled to a Chern-Simons field"*, CBPF-NF-065/99, `hep-th/9912148`, submitted to Phys.Rev.D. Nele discutimos sérias inconsistências de um trabalho publicado no Phys.Rev.D. O modelo estudado pelos autores já havia sido analisado na minha Tese de Mestrado, e parte de seus graves problemas, como a violação do *bound* de Froissart-Martin em três dimensões espaço-temporais, discutidos posteriormente no meu primeiro trabalho publicado em 1994.

Para finalizar, este mês assumi uma orientação de Mestrado e mais uma co-orientação de Doutorado aqui no CBPF. O aluno de Mestrado, Roger Barreto Ribeiro, terá como tema de Tese: *Aspectos da quebra espontânea de simetria na QED planar*, já em andamento. Em relação à co-orientação no Doutorado, Olivier me convidou para que co-orientasse Marcelo Silva Sarandy, cujo o projeto de Tese é: *Renormalização algébrica do modelo de Pasti-Sorokin-Tonin em D=2*.

Estas recentes experiências que estou tendo aqui no CBPF são extremamente enriquecedoras, espero poder continuar com este trabalho de orientação e co-orientação, trata-se de uma parte muito importante do trabalho de pesquisa, que se resume em, passar adiante.

Publicações

1. O.M. Del Cima
   Probing the Froissart bound for models with charged vector fields in D=3
   Mod. Phys. Lett. A9 (1994) 1695-1700
   One discusses the tree-level unitarity and presents asymptotic behaviour of scattering amplitudes for 3-dimensional gauge-invariant models where complex Chern-Simons-Maxwell fields (with and without a Proca-like mass) are coupled to an Abelian gauge field.

2. M.A. De Andrade and O.M. Del Cima
   N=1 super-τ_3QED from Atiyah-Ward space-time
   Phys. Lett. B347 (1995) 95-100
   In this letter, we present the action for the massive super-QED_{2+2}. A pair of chiral and a pair of anti-chiral superfields with opposite $U(1)$-charges are required. We also carry out a dimensional reduction *à la* Scherk from (2+2) to (1+2) dimensions, and we show that, after suitable truncations are performed, the supersymmetric extension of the $\tau_3\mathrm{QED}_{1+2}$ naturally comes out.

3. O.M. Del Cima and F.A.B. Rabelo de Carvalho
   Some quantum aspects of complex vector fields with Chern-Simons term
   Int. J. Mod. Phys. A10 (1995) 1641-1654
   Complex vector fields with Maxwell, Chern-Simons and Proca terms are minimally coupled to an Abelian gauge field. The consistency of the spectrum is analysed and 1-loop quantum corrections to the self-energy are explicitly computed and discussed. The incorporation of 2-loop contributions and the behaviour of tree-level scattering amplitudes in the limit of high center-of-mass energies are also commented.

4. M.A. De Andrade and O.M. Del Cima
   Super-τ_3QED and the dimensional reduction of N=1 super-QED_{2+2}
   Int. J. Mod. Phys. A11 (1996) 1367-1389
   In this work the supersymmetric gauge invariant action for the massive Abelian N=1 super-QED_{2+2} in the Atiyah-Ward space-time (D=2+2) is formulated. The questions concerning the scheme of the gauge invariance in D=2+2 by means of gauging the massive N=1 super-QED_{2+2} are investigated. We study how to ensure the gauge invariance at the expenses of the introduction of a complex vector superfield. We discuss the Wess-Zumino gauge and thereupon we conclude that in this gauge, only the imaginary part of the complex vector field, B_μ, gauges a $U(1)$-symmetry, whereas its real part gauges a Weyl symmetry. We build up the gauge invariant massive term by introducing a pair of chiral and anti-chiral superfields with opposite $U(1)$-charges. We carry out a dimensional reduction *à la* Scherk of the massive N=1 super-QED_{2+2} action from D=2+2 to D=1+2. Truncations are needed in order to suppress non-physical modes and one ends up with a parity-preserving N=1 super-QED_{1+2} (rather than N=2) in D=1+2. Finally, we show that the N=1 super-QED_{1+2} we have got is the supersymmetric version of the τ_3QED.

5. M.A. De Andrade, O.M. Del Cima and L.P. Colatto
   N=1 super-Chern-Simons coupled to parity-preserving matter from Atiyah-Ward space-time
   Phys. Lett. B370 (1996) 59-64
   In this letter, we present the Parkes-Siegel formulation for the massive Abelian N=1 super-QED_{2+2} coupled to a self-dual supermultiplet, by introducing a chiral multiplier superfield. We show that after carrying out a suitable dimensional reduction from (2+2) to (1+2) dimensions, and performing some necessary truncations, the simple supersymmetric extension of the $\tau_3\mathrm{QED}_{1+2}$ coupled to a Chern-Simons term naturally comes out.

6. M.A. De Andrade, O.M. Del Cima and J.A. Helayël-Neto
   Electron-pair condensation in parity-preserving QED_3
   QS96 - Quantum Systems: New Trends and Methods (June/1996, Minsk, Belarus)
   In this letter, we present a parity-preserving QED_3 with spontaneous breaking of a local $U(1)$-symmetry. The breaking is accomplished by a potential of the φ^6-type. It is shown that a net attractive interaction appears in the Møller scattering (between two electrons with opposite spin polarisations) as mediated by the gauge field and a Higgs scalar. This might favour a pair-condensation mechanism.

7. O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.A. Helayël-Neto and O. Piguet
   Algebraic renormalization of parity-preserving QED_3 coupled to scalar matter I: unbroken case
   Phys. Lett. B410 (1997) 250-256
   In this letter the algebraic renormalization method, which is independent of any kind of regularization scheme, is

presented for the parity-preserving QED_3 coupled to scalar matter in the symmetric regime, where the scalar assumes vanishing vacuum expectation value, $\langle\varphi\rangle=0$. The model shows to be stable under radiative corrections and anomaly free.

8. O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.A. Helayël-Neto and O. Piguet
Algebraic renormalization of parity-preserving QED_3 coupled to scalar matter II: broken case
Phys. Lett. B416 (1998) 402-408
In this letter the algebraic renormalization method, which is independent of any kind of regularization scheme, is presented for the parity-preserving QED_3 coupled to scalar matter in the broken regime, where the scalar assumes a finite vacuum expectation value, $\langle\varphi\rangle=v$. The model shows to be stable under radiative corrections and anomaly free.

9. O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.A. Helayël-Neto and O. Piguet
On the non-renormalization properties of gauge theories with Chern-Simons terms
J. High Energy Phys. (JHEP) 02 (1998) 002
Considering three-dimensional Chern-Simons theory, either coupled to matter or with a Yang-Mills term, we show the validity of a trace identity, playing the role of a local form of the Callan-Symanzik equation, in all orders of perturbation theory. From this we deduce the vanishing of the β-function associated to the Chern-Simons coupling constant and the full finiteness in the case of the Yang-Mills Chern-Simons theory. The main ingredient in the proof of the latter property is the noninvariance of the Chern-Simons form under the gauge transformations. Our results hold for the three-dimensional Chern-Simons model in a general Riemannian manifold.

10. O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.A. Helayël-Neto and O. Piguet
Exact scale invariance of the BF-Yang-Mills theory in three dimensions
J. High Energy Phys. (JHEP) 04 (1998) 010
The "extended" BF-Yang-Mills theory in 3 dimensions, which contains a minimally coupled scalar field, is shown to be ultraviolet finite. It obeys a trivial Callan-Symanzik equation, with all β-functions and anomalous dimensions vanishing. The proof is based on an anomaly-free trace identity valid to all orders of perturbation theory.

11. L.P. Colatto, M.A. De Andrade, O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.A. Helayël-Neto and O. Piguet
Renormalization of the N=1 Abelian super-Chern-Simons theory coupled to parity-preserving matter
J. Phys. G24 (1998) 1301-1307
We analyse the renormalizability of an Abelian N=1 super-Chern-Simons model coupled to parity-preserving matter on the light of the regularization independent algebraic method. The model shows to be stable under radiative corrections and to be gauge anomaly free.

12. O.M. Del Cima, K. Landsteiner and M. Schweda
Twisted N=4 SUSY algebra in topological models of Schwarz type
Phys. Lett. B439 (1998) 289-300
We reinvestigate the twisted N=4 supersymmetry present in Schwarz type topological field models. We show that Chern-Simons theory in three dimensions can be untwisted to a kind of sigma-model with reversed statistics only in the free case. By dimensional reduction we define then the two-dimensional BF-model. We establish an analog result concerning the untwisting. As a consequence of the definition through dimensional reduction we find new fermionic scalar symmetries that have been overlooked so far in the literature.

13. M.A. De Andrade, O.M. Del Cima and J.A. Helayël-Neto
Electron-pair condensation in parity-preserving QED_3
Il Nuovo Cimento A111 (1998) 1145-1162, extended version of the letter published in the proceedings of *QS96*
In this paper, we present a parity-preserving QED_3 with spontaneous breaking of a local $U(1)$-symmetry. The breaking is accomplished by a potential of the φ^6-type. It is shown that a net attractive interaction appears in the Møller scattering (s and p-wave scattering between two electrons) as mediated by the gauge field and a Higgs scalar. This might favour a pair-condensation mechanism. The Higgs mechanism plays a central role to the deconfinement of electrons, since the confinement effect is caused in the symmetric regime by massless gauge field.

14. O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.A. Helayël-Neto and O. Piguet
An algebraic proof on the finiteness of Yang-Mills-Chern-Simons theory in D=3
Lett. Math. Phys. 47 (1999) 265-273
A rigorous algebraic proof of the full finiteness in all orders of perturbation theory is given for the Yang-Mills-Chern-Simons theory in a general three-dimensional Riemannian manifold. We show the validity of a trace identity, playing

the role of a local form of the Callan-Symanzik equation, in all loop orders, which yields the vanishing of the β-functions associated to the topological mass and gauge coupling constant as well as the anomalous dimensions of the fields.

15. O.M. Del Cima, D.H.T. Franco and O. Piguet
Gauge independence of the effective potential revisited
Nucl. Phys. B551 (1999) 813-825
We apply the formalism of *extended BRS symmetry* to the investigation of the gauge dependence of the effective potential in a spontaneously symmetry broken gauge theory. This formalism, which includes a set of Grassmann parameters defined as the BRS variations of the gauge-fixing parameters, allows us to derivein a quick and unambiguous way the related Nielsen identities, which express the physical gauge independence, in a class of generalized 't Hooft gauges, of the effective potential. We show in particular that the validity of the Nielsen identities does not require any constraint on the gauge-fixing parameters, to the contrary of some claims found in the literature. We use the method of algebraic renormalization, which leads to results independent of the particular renormalization scheme used.

16. O.M. Del Cima
Probing the Nielsen identities
Phys. Lett. B457 (1999) 307-310
We present some comments concerning the validity of the Nielsen identities for renormalizable theories quantized in general linear covariant gauges in a context of compact gauge Lie groups.

17. O.M. Del Cima, J.M. Grimstrup and M. Schweda
On the finiteness of a new topological model in $D = 3$
Phys. Lett. B463 (1999) 48-56
A new topological model is proposed in three dimensions as an extension of the BF-model. It is a three-dimensional counterpart of the two-dimensional model introduced by Chamseddine and Wyler ten years ago. The BFK-model, as we shall call it, shows to be quantum scale invariant at all orders in perturbation theory. The proof of its full finiteness is given in the framework of algebraic renormalization.

18. J.L. Boldo, L.P. Colatto, M.A. De Andrade, O.M. Del Cima and J.A. Helayël-Neto
Superpropagators for explicitly broken $3D$-supersymmetric theories
Phys. Lett. B468 (1999) 96-101
A systematic algorithm to derive superpropagators in the case of either explicitly or spontaneously broken supersymmetric three-dimensional theories is presented. We discuss how the explicit breaking terms that are introduced at tree-level induce 1-loop radiative corrections to the effective action. We also point out that the renormalisation effects and the breaking-inducing-breaking mechanism become more immediate whenever we adopt the shifted superpropagators discussed in this letter.

19. O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.A. Helayël-Neto and O. Piguet
Comment on "On spin-1 massive particles coupled to a Chern-Simons field"
CBPF-NF-065/99, `hep-th/9912148`, submitted to Phys. Rev. D
In this comment we discuss some serious inconsistencies presented by Gomes, Malacarne and da Silva in their paper, Phys.Rev. D60 (1999) 125016 (hep-th/9908181).

20. O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, O. Piguet and M. Schweda
No parity anomaly in massless QED_3,
TUW-99-08, `hep-th/00mmnnn`, to be submitted to Nucl. Phys. B
In this paper we call into question some unclear points concerning the perturbatively parity breakdown at 1-loop for the massless QED_3 frequently claimed in the literature. As long asperturbative quantum field theory is concerned, whether a parity anomaly owing to radiative corrections exists or not shall be definitely proved by using a renormalization method independent of any regularization scheme. We show algebraically, by adopting the Lowenstein-Zimmermann subtraction scheme, that the massless QED_3 is perturbatively finite and parity anomaly free. We conclude from the Quantum Action Principle to the absence of noninvariant counterterms at the level of the Slavnov-Taylor identity, avoiding in this way a possible parity anomaly that could be induced by parity-odd noninvariant counterterms. The 1-loop parity-odd contribution to the vacuum-polarization tensor is also explicitly computed in the framework of the BPHZL renormalization method. It is shown that a Chern-Simons term is generated at that order induced through the IR subtractions (which breaks parity), therefore, what is called "parity anomaly" is in fact a parity-odd counterterm.

21. L.P. Colatto, O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, O. Piguet and M. Schweda
Superspace renormalization in D=3: dealing with IR anomalies

TUW-99-05
We show the renormalizability of an N=1 super-τ_3 QED theory on the light of the regularization independent algebraic method. The model shows to be stable under radiative corrections and to be gauge anomaly free. However, the presence of a massless gauge superfield leads the use of the Lowenstein-Zimmermann subtraction scheme by introducing a super-Chern-Simons auxiliary mass term, depending on an additional subtraction variable, to take care of the infrared divergences that show up at each order. Despite of inducing an infrared anomaly, the Slavnov-Taylor identity is implemented at every order, we show by means of infrared power-counting arguments that its coefficient vanishes.

Em andamento

1. O.M. Del Cima, J.M. Grimstrup e M. Schweda
Algebraic renormalization of the BFK-model in D=3 and its finiteness (em fase de redação).

2. J.L. Boldo, O.M. Del Cima, J.A. Helayël-Neto e N. Panza
Dynamical mass generation for fermions coupled to 3D-gravity with torsion (em fase de redação).

3. H.R. Christiansen, O.M. Del Cima, M.M. Ferreira Jr. e J.A. Helayël-Neto
Low-energy electron-electron bound states in planar QED.

4. O.M. Del Cima
Quantum scale invariance of the Jackiw-Pi model.

5. O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.M. Grimstrup, O. Piguet e M. Schweda
On the finiteness of the BFK-model coupled to Yang-Mills in D=3.

6. J.L. Boldo, M.A. De Andrade, O.M. Del Cima e J.A. Helayël-Neto
Superpropagators for spontaneously broken supersymmetric theories in three dimensions.

7. J.L. Boldo, M.A. De Andrade, O.M. Del Cima e J.A. Helayël-Neto
Superspace 1-loop corrections and explicitly broken 3D-supersymmetric theories.

Orientações e co-orientações

Como co-orientador

- *Mestrado*:

1. *"Renormalization and finiteness of a generalized BF field theory"*, Jesper M. Grimstrup, The Niels Bohr Institute (NBI), Copenhagen - Dinamarca, 17 de junho 1999. Orientadores: Prof. M. Schweda (TU-Wien-ITP) e Prof. P. Olesen (NBI).

2. *"Aspectos da quebra espontânea de simetria na QED planar"*, Roger B. Ribeiro, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF-DCP), Rio de Janeiro - Brasil, em andamento. Orientador: Prof. J.A. Helayël-Neto (CBPF-DCP).

- *Doutorado*:

1. *"Aspectos quânticos da gravitação com torção em D=1+2"*, José L. Boldo, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF-DCP), Rio de Janeiro - Brasil, em andamento. Orientador: Prof. J.A. Helayël-Neto (CBPF-DCP).

2. *"Estados ligados elétron-elétron na QED planar"*, Manoel M. Ferreira Jr., Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF-DCP), Rio de Janeiro - Brazil, em andamento. Em colaboração com Dr. H.R. Christiansen. Orientador: Prof. J.A. Helayël-Neto (CBPF-DCP).

3. *"Renormalização algébrica do modelo de Pasti-Sorokin-Tonin em D=2"*, Marcelo S. Sarandy, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF-DCP), Rio de Janeiro - Brasil, em andamento. Orientador: Prof. O. Piguet (UFES).

Pesquisadores[5] para contato

1. *Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)*
   Departamento de Física
   Campus Universitário de Goiabeiras - 29060-900 - Vitória - ES - Brasil

   - Prof. Olivier Piguet (`piguet@cce.ufes.br` e `piguet@npd.ufes.br`) ♣

2. *Technische Universität Wien (TU-Wien)*
   Institut für Theoretische Physik (ITP)
   Wiedner Hauptstrasse 8-10 - A-1040 - Vienna - Austria

   - Prof. Manfred Schweda (`schweda@tph39.tuwien.ac.at`) ♣
   - Prof. Wolgang Kummer (`wkummer@tph.tuwien.ac.at`) ♣
   - Prof. Anton Rebhan (`rebhana@hep.itp.tuwien.ac.at`) ♣

3. *European Organization for Nuclear Research (CERN)*
   Theory Division (TH)
   CH-1211 - Geneva 23 - Switzerland

   - Prof. Luis Alvarez-Gaumé (`Luis.Alvarez-Gaume@cern.ch`)

4. *The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ASICTP)*
   High-Energy Section (HE)
   Strada Costiera 11 - 34100 - Trieste - Italy

   - Prof. Kumar Shiv Narain (`narain@ictp.trieste.it`) ♣
   - Prof. Faheem Hussain (`hussain@ictp.trieste.it`)

5. *Department of Mathematics and Statistics*
   University of Guelph
   Ontario N1C 2W1 - Guelph - Canada

   - Prof. George Leibbrandt (`gleibbra@msnet.mathstat.uoguelph.ca`) ♣

6. *Department of Physics - High Energy Physics Division (HE)*
   University of Helsinki
   P.O. Box 9 - FIN-00014 - Helsinki - Finland

   - Prof. Masud Chaichian (`chaichia@pcu.helsinki.fi`)

7. *Instituto de Física Teórica (IFT)*
   Universidade Estadual Paulista (UNESP)
   Rua Pamplona 145 - 01405-900 - São Paulo - SP - Brasil

   - Prof. Bruto Max Pimentel (`pimentel@ift.unesp.br`)

8. *Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)*
   Instituto de Física (IF)
   Caixa Postal 68528 - 21945-970 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil

   - Prof. João Barcelos Neto (`barcelos@if.ufrj.br`) ♣

9. *Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)*
   Departamento de Física (IF)
   36036-330 - Juiz de Fora - MG - Brasil

   - Prof. Ilya Lvovich Shapiro (`shapiro@zeus.fisica.ufjf.br`) ♣

[5] Aqueles assinalados com ♣ já estão com suas cartas de recomendação anexadas a este Memorial.

Alguns dos projetos a serem realizados no CBPF

Anomalia de paridade em 3 dimensões?

Na década de 80 Redlich [1] sustentou que em 3 dimensões a paridade era uma simetria anômala, mesmo perturbativamente, embora a mesma seja uma simetria discreta! Há ainda muitos pontos obscuros no que é amplamente denomidado "anomalia de paridade" em três dimensões. É frequentemente mencionado na literatura [2], desde os trabalhos de Redlich [1], que até mesmo na QED_3 não-massiva, a paridade é perturbativamente quebrada via a indução de um termo de Chern-Simons na correção radiativa de 1-loop para a polarização do vácuo, termo este que dá origem à assim chamada "anomalia de paridade" [1, 2]. Tal problema está sendo analizado no âmbito dos métodos de renormalização algébrica [3] e BPHZL [4] adaptados ao caso da QED_3 não-massiva [5]. O método de BPHZL teve de ser usado na QED_3 não-massiva pelo fato de ambos os campos, férmion e gauge, terem massas nulas, o que compromete seriamente o comportamento da teoria na região do infra-vermelho. No processo de renormalização de uma teoria não-massiva ou mista (campos massivos e não-massivos), surgem dois tipos de divergências infra-vermelhas: as associadas aos momenta externos, e as que são induzidas no processo de subtração das divergências ultra-violetas, sendo estas últimas as que são manipuladas e devidamente subtraídas pelo método de renormalização BPHZL.

Alguns trabalhos encontrados na literatura [1, 2], referindo-se à anomalia de paridade [1], utilizam-se de argumentos de natureza não-perturbativa inspirados naqueles usados por Witten [6] no estudo da "anomalia $SU(2)$-global". Entretando, a discussão baseia-se no uso impróprio de uma regularização do tipo Pauli-Villars que quebra explicitamente a paridade, e além disso, o esquema adotado não satisfaz às condições de consistência necessárias à regularização de Pauli-Villars, sendo portanto, como utilizado por Redlich [1], um esquema de regularização completamente inconsistente. O uso correto da regularização de Pauli-Villars em três dimensões foi demonstrado por Pimentel e Tomazelli [7], e o mesmo, aplicado ao caso do modelo de Maxwell-Chern-Simons acoplado à QED_3 massiva. Recentemente, o método estabelecido em [7], foi utilizado no estudo do modelo de Thirring com simetria $U(1)$-local [8].

1. Já está em fase de andamento a aplicação do esquema estabelecido por Pimentel e Tomazelli [7] (correta regularização de Pauli-Villars em três dimensões) para a QED_3 e a QCD_3 não-massivas, seja no caso perturbativo (small gauge transformations) assim como no não-perturbativo (large gauge transformations). Verificar-se-á, em ambos os casos, se um termo de Chern-Simons é de fato induzido no cálculo da ação efetiva, quebrando-se desta forma explicitamente a paridade e levando-se, portanto, ao aparecimento da chamada "anomalia de paridade", tão amplamente divulgada na literatura.

2. Como no ítem anterior a verificação definitiva da existência ou não da "anomalia de paridade" será realizada em $T{=}0$, dever-se-ia então investigar se a tal "anomalia" existe de fato para $T{\neq}0$, como vem sendo veiculado na literatura [9].

Finitude em teoria quântica de campos

As Teorias Topológicas de Campos [10] formam uma classe de teorias de gauge extremamente interessantes do ponto de vista físico. Em particular, seus observáveis são de natureza topológica. Um importante modelo topológico que tem recebido muita atenção nos últimos anos é o modelo de Chern-Simons em 3 dimensões [11, 12, 13]. Em contraste com as teorias de gauge de Yang-Mills usuais, as teorias de Chern-Simons, as quais inclui-se o caso da gravitação em $D{=}3$ [14, 15], têm algumas propriedades marcantes. Além da relevância das teorias de Chern-Simons na obtenção de resultados de natureza não-perturbativa, e suas relações com as teorias conformes bi-dimensionais [16], estas revelam interessantes propriedades perturbativas tal como a finitude no ultra-violeta [14, 15, 17]. Uma prova completa e rigorosa da finitude foi dada em [18] para a teoria de Chern-Simons tri-dimensional no gauge de Landau. Em um caso mais geral aonde o modelo de Chern-Simons é acoplado a campos de matéria, a constante de acoplamento de Chern-Simons mantém-se não-renormalizada, sendo portanto, sua respectiva função-β nula. Tal propriedade foi rigorosamente demonstrada em [19] para a teoria de Chern-Simons Abeliana acoplada a campos escalares de matéria. Já na teoria não-Abeliana acoplada a campos espinoriais de matéria, um argumento baseado na existência de uma regularização invariante foi proposta pelos autores de [20].

Por outro lado, existem estudos na literatura referentes à teoria de Yang-Mills-Chern-Simons (YMCS) [21, 22, 23, 24]. Em particular, a finitude na aproximação de 1-loop foi identificada em [21, 23], aonde são apresentados explicitamente correções radiativas a 1-loop. Posteriormente em [24], mostrou-se que não há o aparecimento de divergências ultra-violeta a 2-loops em teoria de perturbação, e, combinando-se este resultado com a finitude por power-counting em ordens superiores, conclui-se que a teoria é finita para toda e qualquer ordem perturbativa.

Recentemente, argumento similar foi usado para mostrar a finitude da versão supersimétrica $N=1$ da teoria de YMCS [25]. Um estudo cohomológico da teoria $N=2$ YMCS no gauge de Wess-Zumino foi realizado em [26], aonde é dada uma prova parcial da finitude da teoria em questão.

Uma prova rigorosa da nulidade da função-β a todas as ordens em teoria de perturbação, na presença tanto de matéria escalar como de matéria espinorial, introduzidas de forma mais geral compatível com a renormalizabilidade, foi dada em [27]. Tal prova é realizada no âmbito do método algébrico de renormalização [3], método este que baseia-se apenas nos teoremas gerais da teoria de renormalização, evitando assim a necessidade de se adotar um esquema particular de regularização. Além do mais, devido à presença do tensor anti-simétrico de Levi-Civita, é difícil estabelecer um esquema de regularização invariante sem que se depare com inconsistências em algum estágio da argumentação.

O primeiro resultado obtido em [27], generaliza o de [19], aonde são investigadas propriedades de escala da teoria descritas pela equação de Callan-Symanzik, que representa a identidade de Ward anômala associada à invariância de escala. Mais precisamente, como em [19], fez-se o uso de uma versão local da equação de Callan-Symanzik. Só que, ao invés de se introduzir um campo externo de dilatação, além da métrica externa ou campo de dreibein, como feito em [19], considera-se apenas a última como sendo a fonte do tensor energia-momento BRS-invariante. A conservação do tensor energia-momento é expressa através da identidade de Ward que caracteriza a invariância da teoria sob difeomorfismos. A equação de Callan-Symanzik é, portanto, a identidade de Ward anômala para o traço do tensor energia-momento BRS-invariante, assim chamada identidade do traço. Como esperado, a não-renormalização da constante de acoplamento de Chern-Simons, que se reflete na nulidade de sua correspondente função-β, deve-se ao fato de que o integrando da ação de Chern-Simons não é invariante de BRS, na verdade transforma-se como uma derivada total [27]. É claro que as funções-β associadas às outras constantes de acoplamento (os auto-acoplamentos dos campos de matéria) não serão nulas em geral.

Um outro resultado importante apresentado em [27], é a prova algébrica em todas as ordens da finitude completa (funções-β e dimensões anômalas nulas) da teoria de YMCS em três dimensões [28], através das mesmas técnicas, só que utilizando-se da super-renormalizabilidade da teoria. Além disso, em [29], uma prova similar baseada também na super-renormalizabilidade mostra a invariância quântica exata de escala da teoria BF-Yang-Mills em três dimensões.

Os resultados de [27, 28, 29] são válidos para variedades curvas (o campo de dreibein é assumido como campo externo), desde que a topologia destas seja a do $\mathbb{R}^3$, com curvatura assintoticamente nula. São estas duas restrições que tornam possível o uso dos resultados gerais da teoria de renormalização estabelecidos no espaço plano.

Recentemente foi proposto em [30] um novo modelo topológico em três dimensões, um tipo de versão estendida do modelo BF no qual acomoda-se um acoplamento com matéria (topológico) na representação adjunta do grupo de gauge. Tal modelo foi denominado BFK, sendo este finito a todas as ordens em teoria de perturbação [30].

1. Um estudo interessante, que já está sendo realizado, refere-se ao acoplamento do modelo BFK com Yang-Mills, chamado modelo BFK-Yang-Mills. Entretanto, devido ao fato de ser um modelo super-renormalizável, e utilizando-se das técnicas elaboradas em [27, 28, 29], a prova de sua potencial finitude pode ser dada diretamente.

2. A generalização do modelo BFK para um espaço-tempo D-dimensional, e a classificação de todos os possíveis contra-termos invariantes e anomalias, é bastante viável adotando-se estratégia similar à utilizada em [3, 31] na análise do modelo BF em D dimensões.

Referências

[1] A.N. Redlich, `Phys.Rev.Lett.52 (1984) 18` e `Phys.Rev.D29 (1984) 2366`.

[2] C.A. Trugenberger, *Topics in Planar Gauge Theories*, Troisième Cycle de la Physique en Suisse Romande, Université de Lausanne, 1994/95, ver também referências lá citadas; G.V. Dunne, *Aspects of Chern-Simons Theory*, Les Houches Summer School, 1998, `hep-th/9902115`, ver também referências lá citadas.

[3] O. Piguet e S.P. Sorella, *Algebraic Renormalization*, Lecture Notes in Physics, m28, Springer-Verlag (Berlin-Heidelberg), 1995.

[4] W. Zimmermann, `Comm.Math.Phys.15 (1969) 208` e *Lectures on Elementary Particles and Quantum Field Theory*, 1970 Brandeis lectures, eds. S. Deser, M. Grisaru and H. Pendleton, MIT Press (Cambridge-USA), 1971; J.H. Lowenstein e W. Zimmermann, `Nucl.Phys.B86 (1975) 77`; J.H. Lowenstein, `Comm.Math.Phys.47`

(1976) 53 e *Renormalization Theory*, eds. G. Velo and A.S. Wightman, D. Reidel (Dordrecht-Holland), 1976; P. Breitenlohner e D. Maison, Comm.Math.Phys.52 (1977) 55.

[5] O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, O. Piguet e M. Schweda, *No parity anomaly in massless* QED_3, TUW-99-08, a ser submetido para publicação em Nucl.Phys.B.

[6] E. Witten, Phys.Lett.B117 (1982) 324.

[7] B.M. Pimentel e J.L. Tomazelli, Prog.Theor.Phys.95 (1996) 1217.

[8] J.T. Lunardi, L.A. Manzoni e B.M. Pimentel, Euro.Phys.J.C8 (1999) 353.

[9] S. Deser, L. Griguolo e D. Seminara, Phys.Rev.Lett.79 (1997) 1976 e Phys.Rev.D57 (1998) 7444.

[10] D. Birmingham, M. Blau, M. Rakowski e G. Thompson, Phys.Rep.209 (1991) 129.

[11] A.S. Schwarz, *Baku International Topological Conference*, abstracts, vol. 2 (1987) 345.

[12] E. Witten, Comm.Math.Phys.117 (1988) 353 e 118 (1988) 601.

[13] E. Witten, Comm.Math.Phys.121 (1989) 351.

[14] E. Witten, Nucl.Phys.B311 (1988) 46.

[15] S. Deser, J. McCarthy e Z. Yang, Phys.Lett.B222 (1989) 61.

[16] G. Moore e N. Seiberg, Phys.Lett.B220 (1989) 442; M. Bos e V.P. Nair, Phys.Lett.B223 (1989) 61; J.M.F. Labastida e A.V. Ramallo, Phys.Lett.B227 (1989) 92; S. Emery e O. Piguet, Helv.Phys.Acta 64 (1991) 1256.

[17] E. Guadagnini, M. Martellini e M. Mintchev, Phys.Lett.B227 (1989) 111 e Nucl.Phys.B330 (1990) 575.

[18] A. Blasi e R. Collina, Nucl.Phys.B345 (1990) 472; F. Delduc, C. Lucchesi, O. Piguet e S.P. Sorella, Nucl.Phys.B346 (1990) 313; C. Lucchesi e O. Piguet, Nucl.Phys.B381 (1992) 281.

[19] A. Blasi, N. Maggiore e S.P. Sorella, Phys.Lett.B285 (1992) 54.

[20] G.A.N. Kapustin e P.I. Pronin, Phys.Lett.B318 (1993) 465.

[21] S. Deser, R. Jackiw e S. Templeton, Ann.Phys.140 (1982) 372 e 185 (1988) 406.

[22] C.P. Martin, Phys.Lett.B241 (1990) 513.

[23] R. Pisarski e S. Rao, Phys.Rev.D32 (1985) 2081.

[24] G. Giavarini, C.P. Martin e F. Ruiz Ruiz, Nucl.Phys.B381 (1992) 222.

[25] F. Ruiz Ruiz e P. van Nieuwenhuizen, Nucl.Phys.B486 (1997) 443.

[26] N. Maggiore, O. Piguet e M. Ribordy, Helv.Phys.Acta 68 (1995) 265.

[27] O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.A. Helayël-Neto e O. Piguet, JHEP02 (1998) 002.

[28] O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.A. Helayël-Neto e O. Piguet, Lett.Math.Phys.47 (1999) 265.

[29] O.M. Del Cima, D.H.T. Franco, J.A. Helayël-Neto e O. Piguet, JHEP04 (1998) 010.

[30] O.M. Del Cima, J.M. Grimstrup e M. Schweda, Phys.Lett.B463 (1999) 48.

[31] C. Lucchesi, O. Piguet e S.P. Sorella, Nucl.Phys.B395 (1993) 325.

Rio de Janeiro, 19 de maio de 2000.

Oswaldo Monteiro Del Cima.