

CBPF-CS-005/85

A OBRA DE JORGE ANDRÉ SWIECA E O SEU PAPEL
NA FÍSICA BRASILEIRA

por

A. Luciano L. Videira

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CNPq/CBPF
Rua Dr. Xavier Sigaud, 150
22290 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Permanent address: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
Rua Marquês de São Vicente, 225
22451 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Em fevereiro deste ano, na "1^a. Escola de Física Jorge André Swieca", realizada no *campus* da Universidade de São Paulo, o Professor Bert Schroer da Universidade Livre de Berlim apresentou em três conferências uma análise ampla e compreensiva dos vinte anos da obra científica do homem cuja memória estamos hoje aqui homenageando.

Talvez fosse Bert Schroer, o amigo e colaborador sensível de tantos anos, que devesse estar aqui, em meu lugar, trazendo-nos com muito maior fidelidade, penetração e poder analítico, a visão profunda, que ele, mais do que ninguém, tem dos trabalhos de Swieca. Eu mesmo só aceitei a responsabilidade de lhes vir falar depois da garantia de Bert de que me auxiliaria na preparação das minhas notas.

Apesar disso, devido ao hermetismo para os não iniciados e quase eu escrevia hermiticidade - o que, dado o assunto de que se trata, talvez fosse até apropriado -, receio que não tenha conseguido, nem de longe, captar, seja da conversa que mantive com ele, seja da leitura do seu trabalho (1), toda a essência, toda a magnitude, todo o valor da obra de Jorge Andre Swieca.

Apesar de ter convivido com Jorge André desde praticamente a nossa primeira juventude, a minha intimidade com a sua obra foi sempre necessariamente superficial, incompleta e fragmentada. Acompanhando-a um tanto à distância, eu tomava conhecimento dela de forma esporádica, descontínua, unicamente através de eventuais seminários do próprio Jorge André e de conversas informais com ele, já que a leitura dos seus trabalhos seria, para mim, necessariamente bastante difícil.

Contudo, como já tive oportunidade de mencionar (2), André tinha desenvolvida a um grau extremo a faculdade de poder expor de maneira profunda e séria, porém clara e transparente, os mais técnicos e difíceis problemas da sua especialização, coisa, para quem tem qualquer familiaridade com a teoria quântica de campos, praticamente impossível de ser imaginada, quanto mais efetivada.

Como eu disse, "essa sua característica raríssima, de poder explicar em termos simples, de fazer traduções intuitivas, estava justamente centrada no poder que ele tinha de 'ver' os problemas e, 'vendo-os', de lê-los, de interpretá-los, de entendê-los muito mais profundamente. Essa característica de tradução, associada a uma maneira afável, educada, não agressiva, e implementada, muitas vezes, na forma de um diálogo, fazia com que os seus interlocutores, além de também passarem a 'ver' as coisas, pudessem, até, convencer-se de que haviam visto sozinhos (2)".

Desse modo, André, com a simplicidade e franqueza de trato, que tanto o caracterizavam, prestava-se sempre, de bom grado, a "traduzir-me" alguns dos seus resultados de que eu lhe solicitasse uma explicação.

Extremamente modesto e retirado, ele nunca alardeava qualquer conclusão a que tivesse chegado, qualquer solução que tivesse obtido, qualquer teorema que tivesse encontrado. Desse modo, era sempre indiretamente que eu tomava conhecimento de que valia a pena eu esforçar-me para inteirar-me de algum desdobramento do seu trabalho. E note-se que esses desdobramentos, esses resultados, essas conclusões, situam-se - e são os

especialistas que o dizem - entre as mais importantes contribuições à teoria quântica dos campos destes últimos vinte anos.

Apesar, portanto, do meu relativo distanciamento da sua obra, sempre tive consciência plena da magnitude e da relevância do trabalho que ele vinha desenvolvendo. Magnitude e relevância essas não apenas a nível local, mas indubitavelmente a nível internacional.

Mais uma vez, não sendo especialista no campo - já de *per se* um tanto hermético e de difícil apreensão para os "estrangeiros" -, eu tinha que tentar capturar os reflexos, as repercussões, as implicações externas do seu trabalho, por meio de indícios muito indiretos, fragmentados, implícitos, já que ele era inteiramente incapaz do auto-elogio, da auto-glorificação, às vezes tão próprias da nossa natureza humana. Quem, entre aqueles que se dedicam à pesquisa e à investigação, não concorda em que o prazer maior, a satisfação máxima - tantas vezes comparada a um orgasmo intensíssimo - não seja o que advenha da "descoberta"?

Depois da busca, da tentativa comumente incerta e insegura da construção de um caminho; depois das frequentes frustrações nessa procura e nessa construção; depois de tantos becos sem saída e de tantos caminhos estéreis; depois de tanta dúvida e de tanta insegurança, quanta satisfação, quanta alegria, na obtenção de um caminho, por pequeno e áspero que seja, mas que possa ser percorrido na incomparável tentativa de um pouco mais de compreensão e claridade.

E é aí, nesse tantas vezes efêmero momento da descoberta (mesmo porque é necessário continuar caminho), que é justifica

velmente humano o anúncio da proeza, a divulgação, o elogio, até, do resultado obtido. É humano. É compreensível.

Mas André não. Ele não nos facilitava, nesse sentido, a captação das suas descobertas, e, a não ser dentro do círculo restrito dos seus interlocutores especializados, era raro manifestar-se sobre os resultados das suas investigações.

Se, por um lado, esse tipo de comportamento dignifica o homem que o apresenta, é claro que, por outro, neste momento, dificulta-me, sobremaneira, a tarefa a que fui convidado e a que me propus.

Daí a necessidade de uma certa dose de boa vontade por parte da minha audiência. A obra de Swieca não estará hoje em julgamento, não estará, propriamente, sendo qualificada, nem mesmo analisada ou interpretada em maior profundidade. Eu não poderia fazê-lo.

Hesitei, portanto, largamente, sobre a propriedade de aceitar um convite que, para mim, afigurava-se de suma responsabilidade - falar sobre a obra de um dos mais importantes físicos latino-americanos, de um dos homens que durante vinte anos marcou com a sua inteligência amplos e decisivos setores da teoria quântica dos campos -, sem, a rigor, poder fazer-lhe inteira justiça.

Amparado por Bert Schroer e reconfortado pela certeza de dirigir-me a uma audiência de amigos, de companheiros, de colegas, dele e meus, é que me dispus, então, a vir contar-lhes algumas das coisas que aprendi e senti na minha convivência de um quarto de século com Jorge André Swieca.

"A obra científica de J.A. Swieca constitui uma ponte fascinante entre as investigações cabais dos princípios gerais da teoria quântica dos campos, efetuadas entre fins da década de cinquenta e começos da de sessenta, e as tentativas mais recentes de se compreenderem as sutilezas dinâmicas da relação entre partículas e campos".

É com estas palavras que Bert Schroer inicia o seu trabalho crítico sobre a obra de Swieca (1). Fazemos com ele uma muito rápida e esquemática passagem pelo estado geral da teoria quântica dos campos, como ele se apresentava há cerca de vinte anos, justamente a época em que Swieca entra na arena, recém-bacharelado pela Faculdade Nacional de Filosofia, então situada na antiga Casa da Itália, ao lado da embaixada francesa do Rio.

Alguns anos após os, quase que eu diria, deslumbrantes sucessos da teoria das renormalizações na Eletrodinâmica Quântica, começou-se a duvidar da propriedade da utilização de uma linguagem lagrangeana para as demais interações e, em especial, no que dizia respeito às interações fortes. Desse questionamento, resultaram as vertentes de Wightman e Haag (4), por um lado, e a de Lehmann, Symanzik e Zimmermann (LSZ) (5), por outro.

Enquanto que a primeira linha enfatizava os valores esperados de campos (observáveis locais), a segunda baseava-se essencialmente nas relações entre campos e partículas, permitidas pela introdução de campos "interpolantes".

Um resultado importante veio a seguir com a demonstração de que, se no espectro de massas não ocorrem partículas de mas

sa nula, as propriedades assintóticas de LSZ podem ser obtidas a partir das propriedades locais dos campos.

Isso, além de fornecer os fundamentos das relações de dispersão, veio a dar lugar a teoremas estruturais gerais, como CPT, spin e estatística e generalizações envolvendo simetrias internas.

Todavia, tão grande era a desconfiança e o desconhecimento entre a maioria dos físicos em relação à Teoria Quântica dos Campos, que se chegou a tentar separar o método das dispersões e as suas relações com as partículas elementares das abstrações julgadas estêreis e esotéricas da teoria formal.

Foi aí, nessa área dos estudos envolvendo a estrutura da Teoria de Campos - por meio de teoremas gerais, que não lançam mão de modelos lagrangeanos específicos -, utilizando tão apenas o contexto axiomático de Wightman, que se situa a primeira grande vertente das investigações de Swieca, as quais, apesar de terem enveredado por quase todas as direções da Teoria Quântica de Campos, encontram seguramente os seus mais relevantes resultados dispostos ao longo de duas amplas frentes. Esta, dos resultados gerais, sem modelos específicos, e onde ele obteve dois teoremas de fundamental importância, e a outra, a linha dos modelos lagrangeanos concretos, onde os seus principais trabalhos se desdobram em quatro largas direções, que mencionamos adiante.

Vida que corre, se não inteiramente serena, certamente bastante despreocupada ainda, embora, talvez, em retrospecto, já se pudessem pressentir ao longe, esbatidas contra o horizonte,

a concentração das primeiras nuvens acinzentadas que viriam a ser o prenúncio e as próprias mensageiras das futuras e tão onerosas pressões.

Mas, por enquanto, é-se jovem e se não se alcança ser totalmente feliz, pode-se ainda rir um bocado naqueles fins de semana, naqueles carnavais e naquelas férias passadas em Teresópolis.

Éramos, então, três jovens amigos: André, João e eu, e custa-me quase que a aceitar que aqueles três rapazes de ontem estejam hoje irremediavelmente reduzidos a apenas dois senhores de pouco cabelos e muitas lembranças.

Está-se, então, ainda, em meados da década de cinquenta e André segue o curso de física da FNFi, para onde entráramos ele e eu, juntamente com Nicim Zagury, em começos de 1955. Vamos os três ser alunos, sucessivamente, de Elisa Frota Pessoa, de Plínio Sussekind Rocha, de Jayme Tiomno, de José Leite Lopes, de Guido Beck e de Moysés Nussenzveig.

Elisa foi a primeira influência marcante e orientadora. Foi a primeira a nos guiar no longo caminho a trilhar. Foi a primeira a nos incentivar e a nos impulsionar na direção segura. Sem Elisa, estou certo de que as coisas teriam sido muito diferentes e bastante mais difíceis para nós.

Depois, no terceiro ano, duas grandes e fortes e até certo ponto antagônicas figuras aparecem no nosso horizonte acadêmico: Plínio, das cadeiras de Mecânica e Física Matemática, e Tiomno, responsável pelo ensino de Eletromagnetismo, auxiliado por Sarah Castro Barbosa.

Tiomno, o grande físico internacional, o homem de frente,

de vanguarda, na primeira linha das pesquisas na fenomenologia das partículas elementares. O cientista de renome, profunda e sinceramente interessado na formação dos estudantes e nos rumos do Ensino em nossa terra. A sua dimensão intimidou-nos um pouco, embora o víssemos sempre compreensivo com as nossas limitações e acessíveis às nossas dúvidas.

Leite Lopes foi a Mecânica Quântica encantada. Víamos através da palavra fácil e fluente, das idéias claras e simples, um mundo novo e mágico desdobrar-se ante nós: o mundo do *quantum*, o mundo de Schrödinger, Heisenberg e Dirac. Lembro-me, particularmente, de uma aula em que ele - com um dos seus gestos tão próprios e com aquela ênfase que lhe é tão peculiar - quase que nos fez *ver*, através da imagética sensorial, o significado dos fótons.

Guido Beck foi a grande tradição européia transplantada para o trópico. Na sua voz vincada pelo milhão de cigarros que ele calcula ter fumado, expôs-nos com segurança, com bonomia, com as suas inconfundíveis alegria e simpatia, os princípios da Termodinâmica. Era a nossa apresentação à erudição e a toda uma visão da Física, da Pesquisa e da própria vida, que nos tem influenciado através dos anos.

Moysés Nussenzveig marcou-nos também em profundidade. Muito moço, quase que da nossa idade, impressionou-nos pela segurança, pela clareza, pelo domínio do assunto e pela facilidade da exposição. Das suas aulas, cuidadosamente preparadas, eu costumava dizer que se poderia fotografar o quadro negro onde escrevia e dali compor-se um texto já pronto, completo e irretocável.

Mas de todos, é Plínio, o professor que mais fundamentamente veio penetrar o pensamento e a sensibilidade do jovem Jorge André e que, eventualmente, viria a determinar os rumos iniciais da sua carreira.

Plínio Sussekind Rocha, o homem de formação essencialmente européia, fortemente humanista, profundamente interessado em alguns dos aspectos fundamentais da Filosofia da Ciência e preocupado durante toda uma vida com o problema do tempo. Esse tempo que para ele tinha uma importância tão decisiva - não apenas em Ciência e em Filosofia, como, também em Cinema.

"Cinema é corte", costumava ele dizer, e é justamente por meio do corte que o Cinema permite que o tempo seja tratado como um elemento dúctil e maleável, sensível aos nossos desejos e às nossas interpretações.

O tempo e o Cinema - eis aí o núcleo mais íntimo das preocupações e dos interesses centrais de Plínio Sussekind Rocha, esse intelectual fascinante, de discurso lúcido, brilhante, impecável. A experiência de ouvi-lo falar, seja sobre Física, seja sobre Filosofia, seja sobre Cinema, constituiu, sem dúvida, uma das memórias mais vividas que guardo dos tempos da faculdade e mesmo depois, pelos anos afora, enquanto Plínio esteve conosco. Ouvi-lo falar sobre Leibniz e Einstein, Carnapp e Reichenbach, Mário Peixoto, Griffith e Eisenstein, e tantos e tantos outros, era uma experiência que, além de sumamente gratificante, tinha o sabor esquisito de coisa rara e preciosa.

Esse Plínio que tão decisiva influência teve sobre tantos de nós e que foi logo dos primeiros, inequívoca e explicitamente, a apontar a excepcionalidade flagrante de Jorge André Swieca.

Houve como que um encantamento mútuo, entremeado de respeito e admiração, entre o professor de forte personalidade e o estudante absolutamente excepcional. Por um lado, André transmitia à mãe os seus temores de se ver reprovado no curso de Mecânica Analítica. Do outro, o Plínio, bastante assombrado e estimulado, mas até certo ponto intimidado - como veio posteriormente a confessar-me - com a presença de tal aluno. Reestruturou todo o curso, sobretudo na sua formulação variacional, incluiu uma longa sessão sobre o formalismo de Hamilton-Jacobi, foi rebuscar problemas não resolvidos para propor.

Em novembro de 1972, poucos meses após a sua morte, escrevi um pequeno artigo, e que muito apropriadamente jamais chegou a ser publicado, devido a certas "complicações" até hoje não esclarecidas. Esse artigo havia-se originado em conversas, reminiscências e evocações tidas com Jorge André e agora, remexendo entre os papeis, a sua mulher encontrou uma folha solta, sem data, onde, na sua inconfundível letra, ele lançara - e eu cito as suas próprias palavras - "algumas lembranças esparsas, fragmentos desencontrados" sobre o seu antigo mestre e amigo. Escreveu ele e eu transcrevo na íntegra esse seu depoimento tão vívido, tão esclarecedor de ambos, e aqui e ali tão surpreendente, mesmo para os iniciados. Escreveu André:

"Fim de tarde, curso de Mecânica, esfera rolando sobre um plano, vínculos não holônomos, transformações canônicas" - e aqui umas palavras intrigantes, pinçadas com certeza pela assombrosa memória de Jorge André daquelas tardes já longinquis - "... a frustração de Hamilton, Jacobi vitorioso".

Princípio de Maupertuis, uma visão geométrica da Mecânica

Clássica; mais fácil compreender Einstein depois da aula, que adquire uma nova dimensão: " - Lamento. Não posso alongar-me. Tenho outra aula à noite no Colégio. Ensino frações aos garotos". E eis aí um retrato inteiro, acabado, do nosso estágio de desenvolvimento cultural: um dos raros intelectuais de espectro amplo no Brasil, uma das poucas pessoas capazes de contrapor um conhecimento crítico da Ciência a uma sólida formação humanista, esse homem quase que único no cenário da nossa indigente Inteligência, tinha, para sobreviver, que ensinar à noite "frações aos garotos". E fazia-o sem mágoa, sem rancor, sem azedume. Hoje em dia, em que se vêem tantas mediocridades, ainda praticamente no berço e já com tantas exigências, aquele exemplo de Plínio Rocha faz meditar. Mas continuemos ouvindo André:

"Provas longuíssimas, pêndulos compostos, ângulos de Euler: ' - Podem sair para jantar no bar da esquina. Temos a noite toda pela frente'.

"Seminários de Relatividade sábado à tarde; Plínio é a audiência. Estímulo suficiente. O significado topológico do segundo conjunto das equações de Maxwell. Quantos anos se passaram para que tivéssemos que reaprendê-lo?

"Anfiteatro da Faculdade, sessão de cinema. Para a projeção, comenta, explica: a escadaria, o corte, as mãos.

"Fim de noite, jantar na Av. Atlântica (6): peixe, batatas cozidas, água mineral. Esforça-se para reprimir a ironia que já se percebe nos olhos e no sorriso: "Interessante - re-normalizações infinitas, estados fantasmas; que coisas mais engenhosas!"

"Rio-São Paulo, Dutra de mão dupla e o Fusca lutando para vencer a Serra. Velocidade máxima de 30km/h. Piso um pouco mais fundo e logo recomeça uma sinfonia de estrondos. Plínio se diverte. Mantém uma atitude de discreto ceticismo diante dos milagres da Tecnologia: ' - É necessário parar, tomar um cafezinho. Deixe o pobre animal descansar'. O cafezinho se alonga num almoço. Lembranças distantes: Paris, outras mais recentes. A faceta humana enriquece o intelectual.

"Maison de France, Vigo, Atalante.

"Passo alguns anos no exterior e reencontre-o no Flamengo. Haviam mudado as condições de contorno, mas Plínio parecia o mesmo (7).

"Simpósio na PUC. Falo sobre implementação unitária. Plínio brinca: '- Implemento, só conheço os agricultores'. Seu senso crítico impede-o de levar muito a sério os aspectos mais herméticos da Física atual. AI-5, Aposentadoria, aceitar o convite de Marselha? Demasiado frio no Sul da França. Fica.

"Praça Cruz Vermelha, o cigarro dolorido, a biblioteca dilapidada, anotações e manuscritos pela sala: ' - Talvez vocês possam achar o projetor apropriado; creio que ainda existe um em condições de ser recuperado'.

"Hospital dos Servidores, o livro de Mme. Tonnelat nas mãos, a força do intelecto vencendo a debilidade física. A ironia fina continua presente, o poder analítico inalterado.

"Beneficência Portuguesa (8), CTI: a flecha do tempo, objeto de algumas de suas mais profundas preocupações filosóficas, ultrapassa-o irreversivelmente.

"Conhecê-lo foi um privilégio."

Esta última frase de Jorge André espero que explique e justifique a inclusão completa deste seu depoimento.

Dos seminários de Relatividade, organizados por Plínio conosco, resultou um estreitamento de vínculos, o que veio a implicar numa alteração marcante nos rumos que viria a tomar o jovem André: ao se formar, em 1958, Plínio recomenda-o a Mario Schenberg, tendo-se, assim, iniciado uma nova fase na sua vida.

Schenberg é a grande força, a aguçada personalidade que, em larga escala, domina a Física Teórica em São Paulo. Também ele um intelectual de largo espectro, com preocupações que ultrapassam os domínios estritos da Ciência. Crítico de arte dos mais respeitados, voz ouvida com atenção por todos os que prezam a cultura, também ele tem para com os problemas fundamentais da Mecânica um interesse que o acompanha até hoje, e é justamente como assistente na cátedra de Schenberg que André inicia a sua carreira acadêmica.

Swieca parte, pois, para a Universidade de São Paulo, onde se fixa em 1959 e lá inicia uma colaboração, com Werner Güttinger (9), com quem veio a publicar o seu primeiro trabalho (10).

É ainda com Güttinger, que parte em 1961 para Munique, onde continuam a trabalhar durante todo um ano no grupo de Heisenberg, no Instituto Max Planck.

Depois de um ano, retorna a São Paulo e lá, em 1963, doutora-se pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, com uma tese sobre o método de Tamm-Dancoff (11), que defende na cadeira de Mecânica.

Torna-se instrutor da cadeira de Mecânica Quântica, da

qual era regente em 1970, ano em que se afastou da USP para dirigir-se para a PUC do Rio.

Naquele mesmo ano de 1963, casa-se com Maria José e sai, outra vez, para o exterior. Vai agora para a Universidade de Illinois em Urbana, nas desconsoladas planícies do Meio-Oeste americano. Fui lá ter com eles num quentíssimo verão de 1965, depois de uma interminável viagem de carro desde Pittsburg, onde eu me encontrava. Encontrei-o mudado profissionalmente. Mais maduro, mais independente, mais seguro de si.

É durante a sua permanência em Urbana - para onde tinha ido atraído pela presença de Rudolf Haag - que Swieca encontra, talvez pela primeira vez, o ambiente apropriado para fazê-lo passar a um novo plano nas suas investigações em Teoria de Campos, mais especificamente na sua parte estrutural.

Guiado pela mão segura de Schroer, tentarei, a seguir, dar uma idéia, embora necessariamente imprecisa e esquemática, de dois importantes teoremas obtidos por Swieca.

Em princípios da década de 60, Nambu e Goldstone descobriram que simetrias contínuas, espontaneamente quebradas nas teorias de interações de curto alcance (com lagrangeanas locais), são sempre acompanhadas pelo aparecimento de bósons de massa nula (os "bósons de Goldstone") (12).

Naquela época, as simetrias na Teoria Quântica dos Campos eram discutidas de modo inteiramente análogo às simetrias clássicas de campos, ou seja, partindo-se de uma Lagrangeana, obtinham-se as equações de Euler-Lagrange com respeito a um grupo de invariância de N parâmetros, o qual conduz a N correntes conservadas, fornecidas pelo teorema de Noether (13).

Antes de Nambu e Goldstone, a construção de operadores unitários era efetuada meramente copiando-se o procedimento clássico, onde se substituíam os parênteses de Poisson por comutadores a tempos iguais. Isso é correto numa Teoria Quântica com um número finito de graus de liberdade (Mecânica Quântica).

Para se discutirem simetrias em Teoria Quântica de Campos, deve-se observar que esta última desvia-se essencialmente da Teoria Clássica de Campos nos dois seguintes aspectos: (i) a Lagrangeana, as equações de movimento e a definição de correntes envolvem o produto de operadores de campo no mesmo ponto, sendo, portanto, quantidades mal definidas, cujo significado adequado deve ser obtido por meio de processos limites envolvendo diferentes pontos do espaço-tempo; (ii) a construção da carga "clássica", a partir da sua densidade, exige que o campo se anule a grandes distâncias.

O modelo de Nambu-Goldstone contém $N-1$ bósons e simetria espontaneamente quebrada, não se necessitando conhecer a sua estrutura dinâmica detalhada para que essas duas propriedades possam ser relacionadas. O argumento pode ser facilmente generalizado para o caso de Lagrangeanas renormalizáveis com outros grupos de simetria e subgrupos não quebrados, por meio da existência de valores esperados não nulos de campos elementares. Existem, porém, três tipos de dificuldades envolvendo esse método de se relacionarem os bósons de Nambu-Goldstone com as simetrias espontaneamente quebradas (1).

Durante a sua permanência em Urbana, Swieca teve oportunidade de interagir com R. Haag (14), D. Kastler e D.W. Robinson (15), advindo daí as bases matemático-conceituais da generali-

zação que veio a conseguir do teorema de Nambu-Goldstone (16), o qual restringia-se apenas aos casos em que a quebra de simetria era efetuada via um campo lagrangeano.

Na sua demonstração, Swieca, lançando mão do esquema de Wightman, abandona os métodos das álgebras C^* , empregando, em vez disso, a nova e poderosa representação de Jost, Lehman e Dyson (17). Ele conseguiu demonstrar no contexto mais geral possível e sem quaisquer restrições quanto à natureza dos campos envolvidos, que a quebra espontânea de uma simetria contínua é acompanhada pelo aparecimento de bósons de Goldstone.

Vejamos o que diz Schroer com respeito ao segundo teorema estrutural de Swieca. "O que acontece com as cargas numa teoria relativística com interações de longo alcance?" - pergunta ele, continuando - "Os únicos modelos relativísticos conhecidos nessa categoria são as *teorias de gauge*. Já se sabia, há algum tempo, que existem dois tipos de Teorias de Gauge Abelianas, possuindo comportamentos físicos inteiramente diferentes. Nas Teorias de Gauge convencionais, como a Eletrodinâmica Quântica, a corrente renormalizada, identicamente conservada, conduz à existência de uma carga não trivial. Por meio de uma descrição física da teoria, na qual não surgem estados não-físicos (como o gauge de Coulomb), verifica-se que um operador de carga não pode ser local com respeito ao campo elétrico" (1).

Em 1964, Higgs (18) propôs um modelo Abelianamente diferente, que é obtido formalmente da Eletrodinâmica Quântica escalar, permitindo-se que o campo escalar desenvolva um valor esperado não nulo. Esse modelo possui um espectro físi-

co de partículas de massas finitas (isto é, o fóton torna-se um plásmom relativístico) e a carga de todas as partículas físicas é nula.

Devido às analogias *formais* com os modelos de Nambu-Goldstone, o modelo de Higgs tem sido chamado, comumente, de Modelo de Gauge Espontaneamente Quebrado.

Anteriormente, a existência de fótons como partículas de massa nula decorria da simetria de gauge de segunda espécie. Contudo, Schwinger já havia observado (19) - embora não tivesse chegado a enunciar um teorema - que isso não era necessário. Swieca havia mencionado essa possibilidade a Peierls, que com ela, contudo, não concordara (20).

Em 1976, Swieca demonstrou um teorema estrutural geral (21), na nova versão dos teoremas Abelianos, que afirma, essencialmente, que um fóton massivo sempre necessita ter uma carga nula (*charge screening*). Em outras palavras: a existência de estados com carga não nula só é possível numa teoria com fótons de massa nula.

O esquema que daí resulta harmoniza-se, perfeitamente, com a "primeira lei" das teorias de gauge: simetrias de gauge de segunda espécie não podem ser quebradas, porque não constituem simetrias físicas, mas sim um formalismo matemático pelo qual o conteúdo físico é separado das propriedades espúrias da descrição matemática.

Em 1966, André retorna da Universidade de Illinois para São Paulo, onde, já agora plenamente amadurecido profissionalmente, desenvolve uma importante atividade até transferir-se em 1970 para o Rio. É em São Paulo que vou reencontrá-lo, pois

eu também para lá me dirigia, a chamado seu, em começos de 1967.

Nesse ano de 1967, André passa a livre docente da USP com sua tese sobre a quebra espontânea de simetrias (22).

Dirige-se, ainda em 1967, ao exterior, atendendo a convites, passando dois meses na Universidade de Hamburgo e um mês na Universidade de Minnesota.

Essa é a época em que tem início, propriamente, a pós-graduação no Brasil, que ocorre, a princípio, em alguns departamentos de algumas poucas instituições, como a USP e a PUC do Rio. Começam-se a estruturar cursos de Mestrado e surgem as primeiras teses. Com Jorge André, obtêm os seus Mestrados, pela USP, Suely Viegas Aldrovandi, Rosy Nulman, Marcelo Gomes, Josif Frenchel e Gil da Costa Marques.

Em 1968, Tiomno consegue em concurso a cátedra de Física Superior em São Paulo e para lá se transfere com Elisa Frota Pessoa. Estrutura-se um grupo em Física Teórica, tendo Tiomno e Swieca à frente e do qual fazem parte, entre outros, Henrique Fleming, Roland Küberle e eu.

Ainda nesse ano, é atribuído o segundo Prêmio Moinho Santista em Física, cujo primeiro agraciado, dez anos antes, tinha sido Tiomno. Era agora a vez de Swieca, só que com uma ponderável diferença: enquanto que, com o dinheiro do prêmio, Tiomno, em 1957, havia praticamente conseguido comprar um ótimo apartamento no Rio, André, em 1968, poderia, no máximo pagar alguns poucos jantares (23).

Eu não tenho acompanhado a evolução do valor do Prêmio Moinho Santista, mas com os níveis atuais de inflação, espero

que ele tenha sido, ou meramente suprimido, ou que, então, não sirva apenas para pagar um acarajé na baiana da esquina.

1968 é também, e sobretudo, um ano marcado pela turbulência dentro da Universidade. Não a turbulência endêmica, necessária e própria do nosso grau de desenvolvimento cultural, mas um processo muito mais profundo e radical. Esse ano é todo ele agitado por uma sucessão de episódios dentro da vida da Universidade, cujos reflexos e conseqüências vão-se fazer sentir imediatamente em começos do ano vindouro. Vieram os expurgos que tanto afetaram o tecido acadêmico e cujos efeitos se prolongariam por toda uma década, retirando do panorama universitário não apenas professores e pesquisadores, mas até Instituições inteiras, algumas das quais se mantiveram por largos anos sob a sombra da intervenção.

Lembro-me, particularmente, de uma tarde em que, convocados por alguns estudantes, André e eu dirigimo-nos para a Rua Maria Antônia, no centro de São Paulo e onde se situava a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras à qual pertencíamos ambos, como professores que éramos do Departamento de Física.

No prédio, parcialmente em chamas, mal se podia respirar devido à explosão das bombas lacrimogêneas. Estirado sobre um banco, atingido por uma bala de fusil na virilha, um jovem esvaía-se em sangue. E fomos justamente nós, André e eu, quem o encaminhamos, sobre o banco, para fora do prédio.

Em 1970, como já disse, volta para o Rio, cidade onde vivera desde dos cinco anos, a cidade onde crescera, se formara e se casara.

Jerzy Andrzej Swieca nasceu a 16 de dezembro de 1936 em

Varsóvia, filho único de Renata Teophila - Szporn de solteira - e de Miguel Swieca.

Em setembro de 1939, com o eclodir da guerra, a Polônia - como sempre - está no caminho, está na passagem entre os interesses e as pressões do Ocidente e do Oriente da Europa, e é ali, mais uma vez, que esses interesses e essas pressões se fazem sentir com particular violência.

Faz-se mister recuar ante a terrível ameaça nazista e a única via disponível para os Swieca e os Szporn obriga-os a se dirigirem para leste, através da União Soviética, que cruzam em toda a sua extensão pela trans-siberiana.

Passam para o Japão e dali, retomando o rumo do oeste, dirigem-se para a Argentina, onde aportam em 1941. Mas não é esse, ainda, o seu destino. Levam um ano e meio em Buenos Aires esperando um visto para o Brasil, mas, finalmente, em julho de 1942, chegam ao Rio de Janeiro.

Além dos dois teoremas mencionados, muitas outras foram as propriedades estruturais da Teoria Quântica de Campos investigadas por Swieca. Assim, por exemplo, ele e Haag enfrentaram o extremamente complicado problema da completeza assintótica (14). Intuitivamente, era de se esperar que uma certa propriedade - correspondendo ao fato de que um volume finito do espaço de fases (clássico) contém um número finito de estados quânticos, desde que apropriadamente formulada na Teoria Quântica de Campos, deveria desempenhar um importante papel com respeito à completeza assintótica.

Um outro interessante problema estrutural surge em conexão com a chamada "álgebra de curta distância", de Wilson e Ka

danoff (24). Swieca começou a interessar-se por invariância, conforme em Teoria Quântica de Campos, por volta de 1972, tendo publicado diversos trabalhos sobre o assunto (25) e apresentando alguns dos resultados na XVI International High Energy Conference de 1973 e no International Institute for Theoretical Physics em Bonn, 1974 (26).

Uma outra linha investigada diz respeito às investigações estruturais relacionadas com problemas de estabilidade e causalidade (27), tendo ele apresentado algumas conclusões num Simpósio em Munique em 1971 (28).

A segunda grande vertente da obra de Swieca, segundo Schroer, situa-se no que este denomina "estudos de modelos como laboratórios (servindo) para novas idéias sobre propriedades dinâmicas da Teoria Quântica de Campos" (29).

Nos primeiros anos da década de 70, o antigo e fundamental problema da Teoria Quântica de Campos que diz respeito à relação entre partículas e campos voltou a ser ativamente analisado.

Começou-se, então, a tentar incorporar à Teoria de Campos as novas estruturas dinâmicas como vácuos-teta, kinks, sólitons, dualidade ordem-desordem etc.

O primeiro modelo a ser investigado com essa finalidade foi o da Eletrodinâmica Quântica a duas dimensões, originalmente discutido por Schwinger alguns anos antes (18), e relacionado com a sua especulação de que o fato do fóton não ter massa no decorre automaticamente da invariância de gauge de segunda espécie.

Juntamente com J. Lowenstein, Swieca (30) analisou a estru

ra dos estados físicos do modelo de Schwinger. Isso veio a ter importantes conseqüências, devido ao fato dele, nesse modelo, ter encontrado vários conceitos que vieram a ser importantes no problema do confinamento, tais como os vácuo-teta e o fenômeno de blindagem de carga (*charge screening*). Devido a uma estrutura topológica não trivial, a estrutura de vácuo é mais rica do que a do vácuo usual, surgindo os chamados vácuos-teta, que são caracterizados por um ângulo.

O resultado das investigações de Lowenstein e Swieca é que o conteúdo físico é descrito em termos de um campo bosônico com massa, e, ao se atribuir massa ao modelo de gauge, isso dá lugar ao aparecimento de confinamento.

Estas conclusões foram obtidas algum tempo antes que as teorias de gauge se tornassem importantes para as interações fortes, ou seja, algum tempo antes da formulação da Cromodinâmica Quântica.

Mais tarde, ele voltou ao assunto, mas relacionado agora a modelos um pouco mais gerais, tendo, então, efetuado a análise do problema de blindagem *versus* confinamento (31).

A sua segunda linha de pesquisas nesta área é a que diz respeito às soluções exatas de modelos.

Em 1974, tinha sido dado um grande passo no desenvolvimento de modelos bidimensionais, devido à descoberta de modelos exatamente solúveis. Nesse contexto, Swieca resolveu o modelo quiral de Gross-Neveu de uma antipartícula em estado ligado de partículas (32).

Ele e os seus colaboradores reconciliaram o fato da existência de uma massa finita - que está usualmente ligada à que-

bra de simetria quiral - com a impossibilidade dessa simetria ser quebrada em duas dimensões. Mais sucintamente: uma simetria contínua, como a simetria quiral, não pode ser quebrada em duas dimensões.

Numa terceira frente, no programa de modelos, Swieca desenvolve com K. Rothe um programa para entender a estrutura dos vácuos-teta (33). Para isso, foram levados a introduzir um número topológico fracionário (*winding number*), o que conduziu a um modelo mais realístico (34) do que o de Schwinger, devido a ter mais semelhanças com a Cromodinâmica Quântica a quatro dimensões, tais como liberdade assintótica, transmutação de massa e estrutura topológica (que, como consequência física, tem uma estrutura de vácuo).

Finalmente, vêm as suas conquistas na incorporação da idéia dos kinks e das variáveis de desordem na Teoria Quântica de Campos (35).

Os kinks clássicos são obtidos como soluções (clássicas) de teorias não lineares. Em geral, não se espera que uma solução clássica sobreviva à quantização, a não ser que ela possua estabilidade topológica (36).

Swieca quis construir um campo (interpolante) que fornecesse como limite assintótico esses estados de kinks, lançando mão, para isso, do modo mais sistemático, que é o da integração funcional.

O problema foi resolvido em apenas duas dimensões (37), sendo que, em dimensões mais altas, existem as soluções tipo monopólos, que generalizam os kinks a duas dimensões. Contudo, no caso dos monopólos, a determinação de um campo interpolante é ainda um problema em aberto.

Em poucas palavras, pode-se dizer que os modelos bidimensionais, por tantos anos e tão penetrantemente investigados por Swieca, têm servido não apenas para um entendimento mais amplo da Teoria Quântica de Campos, em geral, mas, mais do que isso, têm servido para a compreensão dos conceitos envolvidos nas teorias de gauge, tais como, por exemplo, o problema do confinamento e os vácuos-teta.

Eu, que de longe e pouco compreendendo do alcance dos seus resultados, o acompanhava nessas investigações, muitas vezes - à hora do nosso rápido almoço de um sanduíche e refrigerante - brinquei com ele por nos tentar convencer de que o mundo é, na sua essência mais íntima, de fato bidimensional. Creio que ele estava quase conseguindo.

Na PUC do Rio, onde permaneceu por quase dez anos, Swieca desenvolveu, a par da sua produção científica, um importantíssimo papel, seja na formação de estudantes, seja na própria consolidação do Departamento de Física, e isso, como disse Samuel Mac Dowell a seu respeito: "sempre gentil, atencioso, lúcido e justo" (20).

Ali, se mestraram com ele V. Kurak, C.A. Aragão de C. Filho, L.V. Belvedere e E.C. Marino, tendo Kurak também obtido o seu Doutorado.

Os anos de PUC foram, é claro, entremeados por necessárias saídas para o exterior, que o revitalizavam e revigoravam, dando-lhe um novo ânimo para prosseguir por mais algum tempo nas nossas desgastantes tarefas. Esteve, assim, na Universidade de Nova York, por seis meses em 1975, e no CERN em 1977.

Em fins de 1978, transfere-se para a Universidade Federal de São Carlos, embora mantendo ainda, por algum tempo, vínculos formais com a PUC do Rio. Lá, iniciaria nova vida, ajudando a estabelecer, rapidamente, entre a USP de São Carlos e a Universidade Federal, a nucleação, à sua volta, do mais importante grupo de Física de Campos no Brasil (38).

Falei - embora, possivelmente, não da forma mais adequada - da obra de Jorge André Swieca. Vejo, porém, que o título da minha palestra pressupõe uma segunda parte - qual seja, o do seu papel na Física brasileira.

Confesso que se já não me sentia inteiramente à vontade para manifestar-me quanto à sua obra, bastante menos ainda me encontro para falar sobre a relevância da sua pessoa como cientista, como professor e como homem, na Física, na Ciência e na Cultura do nosso país.

Isso pode-lhes parecer paradoxal, já que eu, supostamente, fui uma pessoa bastante próxima dele. Mas, justamente, nessa proximidade se encontra a raiz, o fulcro, da minha dificuldade. Por ter estado sempre muito próximo dele não me é, agora, muito fácil expor em público a minha visão íntima da sua posição no seio da nossa comunidade.

Vou, por isso, ser necessariamente breve e possivelmente omissivo, mas, aqui, impede-me mais do que o meu pudor, o dele, já que esse atributo - o do pudor - foi um dos mais característicos da sua personalidade.

Jorge André foi, no panorama da Física brasileira - e é assim que eu o vejo -, não apenas um dos seus mais destacados representantes de todos os tempos, como, também, um pioneiro.

Foi ele, quem, e a princípio praticamente sozinho, implantou, entre nós, o estudo e a investigação dos problemas referentes à Teoria Quântica de Campos.

Todos nós, que sabemos da imensa dificuldade que existe em *manter* uma certa área de Pesquisa em funcionamento, estamos cõnscios da dificuldade imensamente maior em *se ariar*, em *se esta belecer* - e sozinho - uma área, sobretudo tão complexa quanto a de Teoria Quântica de Campos.

Mas, André, como pioneiro, como fundador, nunca quiz se impor como chefe, como "dono de área", como estrela máxima, que certamente o era. Ele impôs-se, sim, a toda a comunidade, mas pelo exclusivo valor da sua inteligência, da sua personalidade, do seu trabalho.

Um outro aspecto que eu gostaria de ressaltar, além do seu pioneirismo, está precisamente ligado ao que eu acabei de dizer.

Quero referir-me à maneira como um cientista da sua grandeza se conduzia ao nosso relativamente acanhado meio científico.

Quero referir-me ao modo como ele, grande como foi, se conduziu na sua vida profissional, seja como cientista, seja como professor, seja mesmo como aleatório e um tanto alheado participante da administração científica no CNPq, na SBF, na USP, na PUC e por aí.

André agiu sempre com educação, comportou-se sempre com uma enorme dignidade, da qual em nenhum instante, em situação alguma, abriu mão. E possivelmente esteja aqui um dos pontos mais importantes dos reflexos de sua atuação em nosso meio: a dignidade com que sempre se conduziu e que soube, segura e se-

renamente, difundir pelos lugares por onde passou e às pessoas com quem privou.

Dispuséssemos nós de mais umas dúzias, poucas que fossem, de gente que fizesse e trabalhasse a Ciência, já não digo ao nível dele, mas da *maneira* como ele o fez: sem imposições, sem espalhafatos, sem estrelismos e excessivos tropicalismos, mas com a seriedade e com a dignidade, repito, com que André se conduziu durante mais de vinte anos, e estou seguro de que outro seria o panorama da nossa Universidade e mesmo até da nossa Cultura.

Sempre que se fala com alguém que tenha assistido um curso ministrado por Jorge André, a resposta é invariavelmente a mesma: ele era um magnífico, um esplêndido professor. Não apenas pela segurança e profundidade do seu conhecimento (que isso muitos o têm, embora dificilmente ao seu nível), mas, sobretudo, pela limpidez do seu raciocínio, pela facilidade com que ele encadeava a evolução de um desenvolvimento, atingindo, com um mínimo esforço, o resultado procurado.

Mesmo de pessoas habitualmente menos caridosas nos seus julgamentos, quando era a propósito dele, alunos e colegas apresentam todos uma unanimidade reconfortante no seu apreço, no seu respeito, na sua admiração.

Daí, como eu já disse, "o sentimento de perda, a certeza da ausência irreparável, a imensa falta que ele nos faz a todos - a todos os seus colegas, a todos os seu colaboradores, a todos os seus alunos, a todos os seus amigos - por estar muito vívida, muito sofrida, não poderá ser tão cedo absorvida e assimilada. Teremos todos nós que conviver com a sua memória, com a sua obra e - sobretudo - com o seu exemplo.

"Com o seu exemplo de seriedade irrecorrível de absoluta correção profissional; com o seu exemplo de dedicação total e exclusiva à procura de um pouco mais de compreensão, de um pouco mais de clareza por esses caminhos tão imprecisos do desconhecido e que ele, sempre tão quieta e despretensiosamente, nos ajudou a tentar desvendar". (2)

Permitam-me, pois, que acabe como ele mesmo o fez, nas palavras que reproduzi acima:

"Conhecê-lo, foi um privilégio".

REFERÊNCIAS

1. Schroer, B. 1981. 'From the principles of general quantum field theory towards new dynamical intuition from model studies - the work of J.A. Swieca within two decades of developments in quantum field theory'. I. Escola de Física Jorge André Swieca, IFUSP/P - 267.
2. Videira, A.L.L. 1981. A pessoa de Jorge André Swieca. I. Escola de Física Jorge André Swieca. *Boletim da Sociedade Brasileira de Física*, 12(1): 1.
3. Schroer, B. Referência 1.
4. Wightman, A.S. 1956. *Phys. Rev.* 101: 860.
Haag, R. 1955. *Dan. Mat. Fys. Medd.* 29: 12.
Haag, R., Kastler, D. 1964 *J. Math. Phys.* 5: 848.
5. Lehmann, H., Symanzik, K. e Zimmermann, W. 1955. *Nuovo Ci-mento* 1: 205.
6. Provavelmente no "Lucas" ou no "Alcazar".
7. Aqui, André refere-se ao período que sucede à aposentado-ria compulsória, que atingira Plínio, como a tanto outros, por força de Ato Institucional nº 5.
8. Plínio havia sido levado para São Paulo, para uma derra-deira tentativa nas mãos do Prof. Zerbini.
9. Atualmente na Universidade de Tübingen.
10. Güttinger, W. e Swieca, J.A. 1961. Quantum field theories at small distances. *Zeits. für Natur.*, 16a: 1265.

11. Swieca, J.A. 1963. 'O método de Tamm-Dancoff e sua aplicação a modelos solúveis da teoria dos campos'. São Paulo.
12. Nambu, Y. e Jona-Lasinio. 1961. *Phys. Rev.* 122, 345.
Goldstone, J. 1961. *Nuovo Cimento* 12: 154.
13. Swieca, J.A. 1970. "Goldstone's theorem and related topics". In *Cargèse lectures in physics*. Ed. D. Kastler, Gordon and Breach, 1971.
14. Haag, R. e Swieca, J.A. 1965. "When does a quantum field theory describe particles?" *Comm. Math. Phys.* 1: 308.
15. Kastler, D., Robinson, D.W. e Swieca, J.A. 1966. "Conserved currents and associated symmetries; Goldstone's theorem". *Comm. Math. Phys.* 2: 108.
16. Swieca, J.A. 1967. University of Illinois (não publicado), 1966. H. Ezawa e J.A. Swieca, 'Spontaneous breakdown of symmetries and zero-mass states'. *Comm. Math. Phys.* 5, 330.
17. Jost, R. e Lehman, H. 1967. *Nuovo Cimento* 5, 1598.
18. Higgs, P.W. 1964. *Phys. Rev. Lett.*, 12, 132.
19. Schwinger, J. 1962. *Phys. Rev.*, 128, 2425.
20. Schroer, B. comunicação pessoal. A propósito de Peierls e Swieca, S.W. Mac Dowell, numa carta a N. Zagury, diz o seguinte: "Conservo do André as melhores recordações, especialmente de duas ocasiões em que conversamos mais intimamente. A primeira, na sua vinda para o Congresso Internacional em Chicago (Batavia). Fomos a um passeio com um grupo que incluía o Peierls e fiquei impressionado pela discussão penetrante entre o André e o Peierls sobre os princípios da Mecânica Quântica(...)" Teria sido, nessa oportunidade, a conversa entre os dois, que menciono no texto?

21. Swieca, J.A. 1976. 'Charge screening and mass spectrum'..
Phys. Rev. D 13,.
22. Swieca, J.A. 1967. *Quebra espontânea de simetrias em teorias quânticas*. Tese de Livre Docência, São Paulo.
23. Eu aliás, sugeri-lhe que ele guardasse apenas o diploma e que devolvesse o cheque à Fundação.
24. Kadanoff, L. 1969. *Phys. Rev. Lett.*, 23: 1430.
25. Schroer, B. e Swieca, J.A. 1974. Conformal transformations for quantized fields. *Phys. Rev.*, D10, 480 .
Schroer, B., Swieca, J.A. e Völkel, A.H. 1975. Global operator expansions in conformally invariant relativistic quantum field theory. *Phys. Rev.*, D11, 1509 .
26. Swieca, J.A. e Völkel, A.H. 1973. Remarks on conformal invariance. Apresentado na XVI Int. High Energy Conf., C, *Math. Phys.*, 29:219.
Swieca, J.A. 1974. Conformal operator expansions in the Minkowski region. Apresentado no Int. Summer Inst. For Theoretical Phys., Bonn PUC/RJ, preprint 6-74.
27. Marques, G.C. e Swieca, J.A. 1972. Complex masses and acausal propagation in field theory. *Nucl. Phys. B* 43 205
28. Swieca, J.A. 1971. Field theory with complex masses. Apresentado no 'Symposium on Basic Questions in Elementary Particle Physics'. Munique.
29. Schroer, B. Referência 1, p. 35.
30. Lowenstein, J. e Swieca, J.A. 1971. Quantum electrodynamics in two dimensions. *Ann. Phys. (N.Y.)* 68, 172.
31. 'Screening and Confinement in Soluble Models', Lectures presented at the NATO Advanced Study Institute, Kaiserslautern, Alemanha (1979), W. Rühl, Edit., Plenum Press, 1980.

32. Rothe, H.J. Rothe, K.D. e Swieca, J.A. 1979. Screening versus Confinement. *Phys. Rev.*, D19, 3020.
Swieca, J.A. 1979. 'Screening and confinement in soluble models'. Conferências apresentadas no NATO Advanced Study Institute, Kaiserslautern, Alemanha
33. Kurak, V. e Swieca, J.A. 1979. 'Antiparticles as bound states of particles in the factorized S-matrix framework'. *Phys. Lett.*, 82B, 289.
Küblerle, R., Kurak, V. e Swieca, J.A. 1979. 'Scattering theory and $1/N$ expansion in the chiral gross-neveu model'. *Phys. Rev.*, D20, 897.
Küblerle, R. e Swieca, J.A. 'Factorizable $Z(N)$ models', *Phys. Lett.*, 86B, 209.
34. Rothe, K.D. Swieca, J.A. 1978. 'Quasi-periodic boundary conditions and the vacuum structure in gauge theories', *Nucl. Phys.* B138, 26.
Rothe, H.J. e Swieca, J.A. 1979. 'Quantization ambiguity and vacuum structure'. *Nucl. Phys.* B149, 237.
35. Swieca, J.A. 1980. 'Fractional winding numbers and the U(1) problem'. *Nucl. Phys.*, B168, 454.
36. Swieca, J.A. 1980. 'Order-disorder and generalized statistics'. *Nucl. Phys.*, B170, 175.
37. Um kink de ϕ^4 em duas dimensões é uma configuração que tem estabilidade topológica.
38. Marino, E.C., Schroer, B. e Swieca, J.A. A ser publicado
39. Temos, assim, F.C. Alcaraz, R. Küblerle, V. Kurak, E.C. Marino, K. Rothe.