

História da Física e Ciências Afins

Contribuição do físico brasileiro Sergio Porto para as aplicações do laser e sua introdução no Brasil*

(Contribution from the Brazilian physicist Sergio Porto to laser applications and its introduction in Brazil)

Walker Antonio Lins de Santana e Olival Freire Junior¹

Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil

Recebido em 30/10/2009; Aceito em 16/11/09; Publicado em 16/2/2011

Este trabalho narra a contribuição do físico brasileiro Sergio Porto (1926-1979) para o desenvolvimento de aplicações do laser, em especial ao efeito Raman, e para a introdução da pesquisa sobre o laser no Brasil. Fazemos também um esboço da biografia de Porto, localizando-a nos contextos científico, social, econômico e político em que ele atuou, mas o foco da nossa narrativa está concentrado no período 1959-1979, período que cobre sua migração para os Estados Unidos, saindo do ITA para os Laboratórios da Bell, em 1960, e seu ulterior retorno ao Brasil, da Southern University of Califórnia para a Unicamp, no início da década de 1970. Para o seu retorno, analisamos as motivações para o convite feito pelo então Ministro Reis Velloso, parcialmente relacionados às potencialidades da pesquisa de Porto para a área nuclear. Analisamos, a seguir, a diversidade das suas contribuições para a aplicação do laser em áreas como medicina, separação isotópica e comunicações. Analisamos também sua contribuição para a formação de pesquisadores para a física brasileira. O trabalho realça a relevância do trabalho de Porto no cenário internacional da física e a sua expressiva contribuição para o desenvolvimento da pesquisa sobre o laser no Brasil. Notamos, por fim, que o reconhecimento, no Brasil, não parece corresponder à magnitude das realizações científicas de Porto. Algumas conjecturas sobre esse descompasso são oferecidas.

Palavras-chave: laser no Brasil, biografia do físico Sergio Porto, história da física no Brasil, história das ciências no Brasil, história social da ciência do Brasil.

We make an account of the role played by the Brazilian physicist Sergio Porto (1926-1979) in the development of laser applications, in particular to Raman effect, and in the introduction of the laser research in Brazil. We make a short biographical note on Porto, covering the period between 1959 to 1979, which includes his stay in the US at the Bell Laboratories and at the University of Southern California, when his professional career rocketed, and his return to Brazil, invited by Minister Reis Velloso, to the newly founded Unicamp. We also discuss the variety of his contributions to laser applications in fields such as medicine, isotopic separation, and communications. Finally we remark that his wide international recognition has no counterpart in a similar recognition in Brazil and we try to conjecture an explanation for these different prestige.

Keywords: laser in Brazil, Sergio Porto, history of physics in Brazil, history of science in Brazil, social history of Brazilian science.

1. Preliminares - Sergio Porto no ITA

Nossa história tem início em 1959, ano que o Brasil tem Juscelino Kubitschek como Presidente e o país vive uma fase de otimismo embalado pela ideologia desenvolvimentista partilhada por largos setores da sociedade. A pequena comunidade brasileira de físicos, entretanto, tinha razões para certo ceticismo face ao espírito da

época, vez que o apoio do governo federal ao desenvolvimento científico e tecnológico não havia se mantido nos patamares da gestão anterior, o segundo governo Vargas.² Nesse ano, leciona mecânica estatística no Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), em São José dos Campos, o físico Sergio Pereira da Silva Porto. Ele havia concluído, em 1954, na *Johns Hopkins University*, Baltimore, EUA, o seu doutorado em física com

*Este artigo é baseado na Dissertação de Mestrado de um de seus autores (W.A.L.S.), Ref. [1], texto ao qual remetemos para uma apresentação mais abrangente e detalhada da carreira científica de Sergio Porto bem como para a transcrição das entrevistas referidas nesse artigo.

¹E-mail: olival.freire@gmail.com.

²Esse apoio, largamente influenciado pelas aplicações científicas na Segunda Guerra, em especial com a produção da bomba atômica, havia sido relevante para o sustento do CBPF, e a criação do CNPq, da CAPES e do ITA.

uma tese sobre espectros das moléculas de H_2 , intitulada *Infrared Spectrum of Molecular Hydrogen*. De fato, o título de físico decorre de seu doutoramento, pois ele fizera seus cursos de bacharelado (1946) e licenciatura (1947) em Química na Faculdade Nacional de Filosofia da Universidade do Brasil no Rio de Janeiro.

É ainda em 1959 que o professor Porto tem acesso, por intermédio do seu colega e também professor do ITA Luiz Valente Boffe, ao artigo *Infrared and Optical Masers* [2] publicado no ano anterior por Arthur Schawlow e Charles H. Townes, pesquisadores então vinculados aos Bell Telephone Laboratories, em New Jersey. Nesse artigo, hoje clássico, os autores anunciavam que “o prospecto é favorável para masers que produzam osciladores nas regiões do infravermelho e ótica”. O artigo estabelecia as bases teóricas para a possibilidade de produção de radiação coerente e monocromática na faixa do espectro da luz visível; tratava-se do laser, termo que havia sido cunhado por R. Gordon Gould. Townes e Schawlow seriam agraciados, em 1964 e 1981, respectivamente, com o Prêmio Nobel.³

O espectroscopista brasileiro, que já tinha alguns artigos publicados em revistas norte-americanas e brasileiras,⁴ ao lê-lo, entusiasma-se com a nova ótica dada à luz e profere seminários sobre o artigo. Nesse ínterim, o ITA é visitado por representante do corpo técnico do Bell Laboratories, que convida-o para trabalhar nessa empresa junto aos físicos citados. Sergio Porto reflete, pensa nas insatisfações que lhe permeiam enquanto professor e pesquisador no Brasil, pede tempo, vence os óbices familiares e aceita o convite, voltando para os EUA no ano de 1960, vinculando-se a essa empresa, sediada em Nova York.

2. O período norte-americano: perde o ITA, ganha a Bell

A decisão de migração tomada por Sergio Porto não foi um fenômeno isolado. No final dos anos 50 e início dos

anos 60, a deterioração das condições de trabalho nas instituições científicas e universitárias brasileiras levou à evasão de um certo número de pesquisadores do país, fenômeno que viria a ser conhecido como a “evasão de cérebros” [5]. Esse contexto de reduzido apoio à ciência e tecnologia perduraria até o final dos anos 60.

Estando no Bell Labs, com o laser sendo uma temática promissora na física daqueles anos, Sergio Porto trabalha no grupo de lasers, descobrindo outros e perseguindo metas que objetivavam com a ação dessa radiação (luz) minimizar o tempo de resposta e maior eficácia na obtenção de efeitos físicos já consagrados, porém de aplicabilidade difícil por caminhos tradicionais (a exemplo do uso das luzes de mercúrio e hélio respectivamente), entre esses o Efeito Raman,⁵ que fora descoberto em 1928. Nesse desiderato, resolve com a colaboração do seu colega de trabalho D.L. Wood, utilizar a radiação *maser* para obtê-lo, conseguindo com sucesso realizar experimentos com o espalhamento⁶ da radiação, com rapidez jamais registrada: experimentos que eram realizados em aproximadamente três dias passam a ser realizados em cerca de quinze minutos, sendo tal descoberta publicada em 1962 no artigo *Ruby Optical Maser as a Raman Source* [7].

O artigo despertou um grande interesse na comunidade de espectroscopia,⁷ em especial pela possibilidade que se abria do estudo da estrutura interna dos materiais com maior rapidez e riqueza de detalhes. Tratava-se do resgate de uma técnica tradicional, a Espectroscopia Raman, mas com possibilidades de rapidez e precisão até então não exploradas. As implicações para a tecnologia também contribuíram para o interesse crescente na nova aplicação da velha técnica. O rápido impacto pode ser traduzido nos seguintes números, coletados por Krishnan and Shankar:

Durante os trinta e cinco primeiros anos, de 1928 a 1962, aproximadamente 6.000 artigos foram publicados sobre o efeito Raman, enquanto que após a indução da excitação a laser, em 1963, mais de 19.000 artigos foram

³No artigo supracitado os cientistas norte-americanos demonstram que a radiação *maser* (*microwave amplification by stimulation emission of radiation*) é monocromática, em fase e colimada, ou seja, os seus raios emergem em paralelo, mantendo-se essas características quando a radiação tiver comprimentos de onda correspondentes ao da luz visível, sendo-a então denominada de *laser* (*light amplification by stimulated emission of radiation*). Em 1964 C. Townes juntamente com Nicolay Gennadiyevich Basov e Aleksander Mikhailovich Prokhorov receberam o prêmio Nobel por seus trabalhos com masers e lasers que conduziram a significativos avanços em eletrônica quântica. Por sua vez, A. Schawlow foi agraciado com o prêmio Nobel em 1981 pelas contribuições ao desenvolvimento da espectroscopia a laser. Para a história do laser nos Estados Unidos, ver [3] e para seu papel no contexto da física no século XX, ver [4, p. 389].

⁴Dois artigos em revistas norte-americanas e quatro nos Anais da Academia Brasileira de Ciências.

⁵O efeito Raman é o aparecimento de uma fraca radiação secundária polarizada no espectro da radiação espalhada em fluidos e sólidos contendo frequências não presentes no feixe incidente. Este efeito pode ser compreendido modelando esse espalhamento com colisões inelásticas entre os fótons incidentes e as moléculas dos materiais. Os fótons podem absorver (transferir) energia da (para) as moléculas, com as variações de energia correspondendo às energias rotacional ou vibracional das moléculas irradiadas. O fenômeno foi descoberto em 1928, na Índia, pelo físico indiano Chandrasekhara Venkata Raman, valendo-lhe o Prêmio Nobel de 1930. Para uma biografia científica de Raman, ver Ref. [6].

⁶Espalhamento deve ser entendido como reflexão da luz, ou seja, o espalhar-se da radiação ao incidir sobre uma superfície que permite a reflexão.

⁷A Espectroscopia consiste em técnicas para análise de substância (matéria orgânica ou inorgânica), podendo essa análise ser de natureza destrutiva ou não destrutiva em relação à substância analisada, denominando-se Espectroscopia Raman (que é não destrutiva) ao ramo da espectroscopia que se dedica ao estudo do efeito Raman.

publicados até esta data [Julho/1979]. [...] sobre vários aspectos do espalhamento Raman. [8, p. 35]

Dentre as diversas aplicações do laser e do efeito Raman para o estudo de propriedades dos materiais, a de maior impacto foi, possivelmente, aquela relacionada ao estudo dos cristais hexaédricos (*wurtizite*) de óxido de zinco. O artigo *Raman Effect in Zinc Oxide*, em co-autoria com T.C. Damen e B. Tell [9], publicado em 1966, é, ainda nos dias atuais, o mais citado dos artigos de Porto, reunindo 741 citações.⁸ Nesse artigo, Porto e colaboradores exploram o fato de que as técnicas adotadas até então na espectroscopia Raman levavam a resultados ambíguos na análise dos fônons⁹ desse óxido semiconductor. O interesse despertado por esse trabalho não era independente do interesse crescente no estudo das propriedades dos semicondutores, como assinalado na introdução do artigo, “Em vista do presente interesse por semicondutores piezoelétricos hexaédricos, foi percebido que uma verificação (análise) das regras de seleção será valiosa”. A relevância dos semicondutores piezoelétricos *wurtizite* de ZnO persiste nos dias atuais, com várias aplicações na fabricação de materiais para a alta tecnologia e atualmente em nanotecnologia, entre as quais as aplicações para a produção de filmes (películas).

Sergio Porto permanece na Bell até o ano de 1967, quando, atendendo convite, opta por exercer o cargo de professor titular da USC - University of Southern California, migrando portanto para a cidade de Los Angeles, onde passa a dividir suas atividades entre a pesquisa, a docência e as orientações de tese. Sergio Porto faz da sua estada na Bell e também na USC centros de formação de físicos brasileiros e estrangeiros destinados a subsidiarem científica e tecnologicamente suas instituições de base no Brasil, sob a forma de intercâmbio, tendo como consequência direta o nascimento de vários núcleos de física de estado sólido, tendo o laser e a espectroscopia Raman como alicerces principais.

Ao longo do seu período norte-americano, cobrindo sua estada na Bell e na USC, Sergio Porto projetou-se internacionalmente como uma liderança em aplicações do laser, em especial no estudo do espalhamento Raman. Essa projeção pode ser evidenciada de muitos modos: pelos convites para palestras em eventos internacionais, pelo número de artigos publicados, pelas homenagens póstumas que recebeu dos seus pares, ou pelas lembranças - o *Brazilian spectroscopist* - que desperta ainda hoje entre físicos norte-americanos. Uma dessas evidências, da qual Porto especialmente se orgulhava, era o número de citações recebidas por seus artigos. De fato, o gráfico da Fig. 1 mostra que entre 1961 e 1971, o número dessas citações cresceu espeta-

cularmente, expressando o impacto dos artigos publicados no mesmo período. O gráfico da Fig. 2 expressa o número de artigos publicados por Porto a partir de 1962. Os dados para os dois gráficos foram extraídos da Web of Science em 2009.

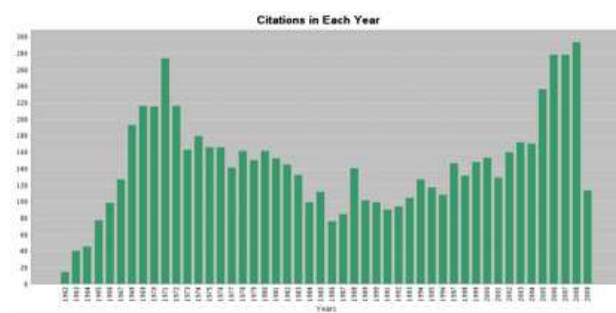


Figura 1 - Número de citações por ano, fonte *Web of Science*, 2009.

Published Items in Each Year

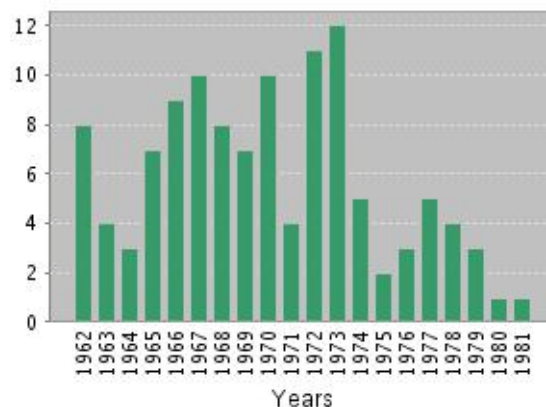


Figura 2 - Número de artigos publicados por ano, fonte *Web of Science*, 2009.

2.1. As relações com a física brasileira

A estada norte-americana não atenuou os laços de Porto com a física brasileira. Contraditório como possa ser, esses laços foram fortalecidos. O prestígio adquirido na Bell levou-o à posição de Supervisor de Pesquisas, e essa posição permitiu-lhe abrir espaços na empresa para físicos brasileiros e estrangeiros, convidando, influenciando ou decidindo na contratação de vários profissionais, a exemplo dos brasileiros Rogerio Cesar de Cerqueira Leite e José Ellis Ripper, que foram seus alunos ainda no ITA.

Cerqueira Leite, que havia concluído seu doutorado em física de sólidos pela Universidade de Paris, França, em 1962, nesse mesmo ano migra para a Bell, se iniciando, portanto na pesquisa com o laser. Ele permanecerá nessa empresa até 1964. Após seu retorno

⁸Fonte: Web of Science, acesso 6/10/2008. Agradecemos a Carlos Argüello pelas discussões sobre esse tópico.

⁹Os fônons são estados quantizados de vibração de cristais, correspondendo portanto aos modos normais de vibração da rede cristalina. A análise dos fônons é um recurso essencial em física do estado sólido por permitir a mensuração de propriedades dos sólidos tais como calor específico, condução térmica, condutividade elétrica e propagação do som.

ao Brasil, para o ITA, Cerqueira Leite colocará um laser em operação pela primeira vez no Brasil, em 4 de fevereiro de 1965. Fruto de sua colaboração com Porto na Bell destacamos o artigo *A Simple Method for Calibration of Ruby Laser Output* [10].¹⁰

Quanto a Ripper, ele fez estágio em 1964 na Bell, ao tempo em que realiza doutorado pelo MIT - *Massachusetts Institute Technology*, concluído no ano de 1966. Ripper ficará naquela empresa até o ano seguinte, 1967, e dessa época destacamos o trabalho em colaboração com Porto e Cerqueira Leite, *Angular Dependence of the Rayleigh Scattering from Low Turbidity Molecular Liquids* [11].

As relações com a física brasileira não eram limitadas ao apoio à mesma nos laboratórios da Bell. Porto vem ao Brasil com alguma regularidade, sendo membro fundador da Sociedade Brasileira de Física, criada na reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, em Blumenau, em 1966.¹¹ Nessa reunião, ele apresenta conferência intitulada *Raman Experiments in Solids*, a qual desperta atenção dos físicos presentes, entre os quais dois de seus futuros colaboradores, o argentino radicado em Rio Claro, Carlos Alfredo Argüello, que posteriormente trabalharia com Porto na USC e na Unicamp, e o norte-americano radicado em São Carlos, Professor Robert Lee Zimmerman.¹²

Porto atua também no intercâmbio e cooperação entre instituições científicas do Brasil e EUA, visando sempre as pesquisas com o laser e seu uso na espectroscopia. As interações ocorrem com a UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul e com o campus de São Carlos da USP, onde estava parte do grupo que iria constituir o núcleo de pesquisas em lasers da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Quanto ao intercâmbio desse período realizado com a UFRGS, lembram os físicos R.E. Francke, Peter Grieneisen, e J.A. Lisboa [15, p. 23]:

[...] A pesquisa do laser no Brasil começou no início de 1964 no Instituto de Física em Porto Alegre com a construção do laser He-Ne em 1965. [...] Isto motivou alguns dos estudantes da graduação a se especializarem em física dos lasers e procurar estudos de mestrado fora do país com ajuda financeira do Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq). Outros se iniciaram em pesquisas relacionadas ao laser tais como espectroscopia Raman. Nesta recente área estava o Prof. Sergio P. S. Porto para quem

nós lembramos com gratidão pela ajuda durante os primeiros anos através do programa de pesquisa bilateral entre seu laboratório na USC, Los Angeles, e o Grupo de Laser de Porto Alegre, novamente com financiamento do CNPq. [...]

A contribuição de Porto para o florescimento da pesquisa sobre o laser em São Carlos-SP é lembrada pelo professor Robert Lee Zimmerman [14]:

[...] A partir de então [outubro de 1967] o físico e professor Sergio Mascarenhas incentiva o nosso grupo a desenvolver estudos com lasers em nossa universidade [...] Trabalhei a partir de então nesse intento e no dia 26 do mês de julho de 1968 coloquei o laser de He-Ne, em funcionamento na universidade [...] Sergio Porto tomou conhecimento do feito e somado à amizade que gozava junto a Sergio Mascarenhas manteve colaboração constante com a nossa universidade, enviando para nós, dos EUA, fotodetectores. A essa época sabíamos ser ele um dos maiores do mundo em espectroscopia e lasers.

3. O processo de retorno ao Brasil

As expectativas de Porto em relação ao Brasil não eram limitadas ao seu interesse na colaboração com físicos brasileiros; de fato, ele tinha expectativa de retornar permanentemente ao Brasil, mas com condições de trabalho substancialmente diferente daquelas nas quais ele tinha trabalhado no ITA no final da década de 1950. Entre 1968 e 1973, quando ele se transfere definitivamente para a Unicamp, as negociações realizadas ilustram com nitidez tanto as vicissitudes quanto as transformações que estavam em curso na física brasileira. Antes de sua vinda para Campinas, duas negociações para o retorno de Rogerio Cesar Cerqueira Leite, seu colaborador, fracassaram. A ida para a UnB, depois da crise que em 1965 havia gerado um pedido de demissão coletiva de mais de 200 professores, chegou a ser anunciada por Sergio Porto em palestra no Congresso Nacional, em 21 de agosto de 1968, na expectativa do apoio do próprio congresso para a pretendida transferência: “Querida fazer um apelo aos senhores pela Universidade de Brasília: se essa oportunidade houver, que olhem com muito carinho para a universidade. O Rogerio virá aqui justamente trabalhar nos lasers semicondu-

¹⁰Mais detalhes na Ref. [1, p. 244].

¹¹Para a criação da Sociedade Brasileira de Física, com uma listagem de seus fundadores, ver Ref. [12].

¹²[...] tive meu primeiro contato com Sergio Porto, após assistir palestra dele na Reunião Anual da SBPC [...], acontecida em Blumenau, estado de Santa Catarina - Brasil, no ano de 1966, quando Porto naquela oportunidade expunha sobre laser e espectroscopia Raman. [13]. Motivado para participar de jornada científica no Brasil, fui para a cidade de Blumenau, no estado de Santa Catarina, no ano de 1966. Em lá estando, vi e assisti ao professor Sergio Porto pela primeira vez, onde na oportunidade ele realizara uma exposição sobre lasers na, então, Reunião Anual da SBPC [14].

tores” [16]. Negociações similares com a USP também falharam, conforme registro de Newton Bernardes [17].

No que pese o insucesso dessas primeiras negociações, outras tendências, que convergiriam favoravelmente ao retorno de Porto, também estavam em curso. O convite mesmo para Porto proferir uma palestra na Comissão de Minas e Energia do Congresso Nacional refletia tanto o interesse da Congresso em temas relacionados às inovações tecnológicas, no caso da palestra de Porto o tema foi o laser e suas múltiplas aplicações, quanto o interesse dos parlamentares no tema da “evasão de cérebros”, tema corporificado na pessoa de Porto como um exemplar do cientista brasileiro com carreira de sucesso, mas radicado no exterior. O debate sobre a migração de cientistas brasileiros mobilizava do Senador Arnon de Mello aos pesquisadores Moysés Nussenzevig e Thales de Azevedo, passando pelo governo federal através do Itamaraty e do CNPq [5].

O contexto político e econômico que viabilizou o retorno de Porto começou a se desenhar ainda no início do Governo do General Costa e Silva, quando a prioridade para o apoio à ciência e tecnologia e para a reforma das universidades foi claramente estabelecida. A partir de dezembro de 1968, com a edição do Ato Institucional Número 5 (AI-5), o regime militar cerceou ainda mais os direitos políticos, iniciando uma página na qual a tortura e os assassinatos dos adversários políticos virariam rotina. Dentre as vítimas das medidas implantadas pelo AI-5 estavam os físicos Mario Schönberg, Jayme Tiomno, José Leite Lopes, Elisa Frota-Pessoa e Sarah Barbosa, todos aposentados compulsoriamente. Escapa ao objetivo desse artigo uma análise da conjuntura posterior ao AI-5, mas é fato que o apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico não arrefeceu, tendo sido, ao contrário, intensificado, com financiamentos significativos a partir do BNDE e depois FINEP, institucionalização e financiamento do sistema de pós-graduação e reforma universitária.

Todas essas iniciativas políticas foram facilitadas, entretanto, pelo crescimento econômico que o país passa a vivenciar [18, p. 289]. Além das políticas adotadas pelo governo federal, iniciativas do Estado de São Paulo reforçavam a mesma tendência, a exemplo da criação de uma nova universidade, a Unicamp, e a regularização do funcionamento da FAPESP, esta já iniciada antes dos governos militares instalados em abril de 1964.

O retorno de Porto, entretanto, não ocorreu subitamente, envolvendo na verdade um lento processo de negociação e de transição. As primeiras visitas com a missão de explorar as possibilidades institucionais são por ele assim recordadas [19, p. 94-95]:

[...] Aquela vez que eu vim aqui, 68 [1968], 69 [1969]. Eu disse “Bom, vamos dar uma olhada primeiro. Primeiro eu quero ver se realmente vale a pena voltar para o Brasil para uma aventura”. Porque a Uni-

versidade de Campinas era uma aventura naquela época. Mas tendo conversado com o Zeferino, uma noite inteira, o Zeferino me cantou e eu achei que realmente a Universidade de Campinas valia a pena. [...]

Eu disse: “Está ruim, não tem prédio, etc., mas o negócio parece que vai”. Sendo eu o mais velho do grupo, disse para eles: “Olha, eu não vou até que vocês vão e vejam que a coisa está certa. Se a coisa for estável, etc., etc., eu vou”. Essa foi a combinação com meu grupo.

Então, veio imediatamente para cá, o Argüello que era meu *Post-doctor*, no fim de 1969, com a Zoraide; [...].

As negociações decisivas, contudo, foram conduzidas diretamente pelo então Ministro do Planejamento João Paulo dos Reis Velloso. As gestões conduzidas pelo ministro evidenciam o interesse do governo federal em trazer Porto de volta para o desenvolvimento do projeto, anunciado por Porto, de uso do laser para o enriquecimento isotópico do urânio. O ministro, que junto com o economista José Pelúcio Ferreira foram os personagens centrais na política de apoio à ciência e tecnologia no regime militar, sintomaticamente, em suas memórias, lembrou do convite a Porto, quando perguntado pelo “programa nuclear” [20, p. 232]:

Também tentamos investir na pesquisa do *laser*. Numa das minhas idas a Los Angeles, na primeira metade dos anos 1970, dentro daquele esforço de promover as nossas exportações, conheci, na residência do cônsul-geral do Brasil, um cientista brasileiro, Sergio Porto, que era o chefe do setor de *laser* da Universidade da Califórnia em Los Angeles [em verdade, a USC] e uma das maiores autoridades do mundo no assunto. [...] Entre os projetos que ele estava desenvolvendo, havia um de enriquecimento de urânio através de *laser*.

Conforme a lembrança de Porto, “essas foram as minhas condições para regressar: 30 doutores, um edifício e 2 milhões de dólares;” condições essas aceitas por Reis Velloso [21, p. 292]. Como resultado dessas várias investidas e negociações, o físico Sergio Porto concorda em retornar ao Brasil para trabalhar como Coordenador Geral dos Institutos de Ciências da Unicamp, e coordenar com o CTA - Centro Técnico Aeroespacial - e o IPEN - Instituto de Pesquisas Nucleares, projeto direcionado para a separação isotópica do urânio. Porto foi capaz de obter então de Reis Velloso e de Zeferino Vaz compromissos que lhe asseguraram condições especiais de trabalho: instalações laboratoriais com edificações próprias, ou seja, construção de um DEQ - Departamento de Eletrônica

Quântica na UNICAMP, para pesquisas em eletrônica quântica e verba de dois milhões de dólares para realização de pesquisas, traduzindo-se na aquisição de instrumentação e equipamentos em nível quantitativo e qualitativo equivalentes aos dos grandes centros de pesquisa em física do mundo; adicionando-se ainda, à solicitação do físico brasileiro, a ida inicial para a UNICAMP de trinta doutores em física: brasileiros e estrangeiros que com ele trabalharam e trabalhavam tanto na Bell como na USC, estando entre esses seus ex-alunos de doutorado.

A nova volta de Sergio Porto ao Brasil acontece em julho de 1972, iniciando-se pela UNICAMP, e sua estada em definitivo a partir de 1973. Nesse momento, Porto contabilizava em seu currículo 101 artigos publicados e 13 teses de doutoramento orientadas.¹³ Dentre esses doutores, estão brasileiros que Sergio Porto traria para o Brasil, integrantes de sua próxima equipe de trabalho. São eles: Antonio F.S. Penna, Artemio Scablabin e Dimitrios. G. Bozinis. Além desses, devemos registrar as doutoras Zoraide Argüello (primeira aluna de doutorado brasileira de Sergio Porto) e Elza Vasconcelos, que fizeram seus doutorados na UNICAMP com estágios na USC.

4. Sergio Porto de volta ao Brasil

Na recém fundada Unicamp, Sergio Porto dedica-se a intensa atividade de pesquisa, de formação de novos pesquisadores e administrativa, interagindo com vários setores da universidade e da sociedade. Em todas essas interações, o laser e suas múltiplas aplicações é o principal recurso utilizado por Porto. Essa atividade levará, em 1976, à criação de um Departamento de Eletrônica Quântica no Instituto de Física daquela universidade. Suas diversas atividades podem ser assim, sumariamente classificadas:

4.1. Física

Quando entrevistada, a física Elza Vasconcelos [22], lembra os trabalhos pioneiros desenvolvidos por Porto, em colaboração com muitos jovens físicos, nos seguintes assuntos: Influência da atividade óptica nos Espectros Raman; Observação experimental de Poláritons em Cristais Iônicos; Estudo de Fônons Oblíquos em Cristais Birrefringentes; Espalhamento de Luz por Ondas de Spin (Mágnons); Espalhamento Raman por Centros F; Aumento da Secção de Choque Raman devido a Absorção Ressonante; Observação de Espalhamento Raman Eletrônico Anti-simétrico; Espalhamento Raman em Superfícies Metálicas; Separação de Isótopos com laser; Generalização da Relação Lyddane-Sacks-Teller para Cristais ordenados-desordenados; e Ausência do “soft-mode” em Cristais ordenados-desordenados.

¹³Maiores detalhes sobre as teses de doutoramento e participação nas bancas examinadoras encontram-se na Ref. [1, p. 43-44].

4.2. Química

Com a chegada de Porto como coordenador geral dos institutos, e também químico, a espectroscopia no IQ da UNICAMP ganha uma nova dinâmica. Esse impulso foi lembrado, logo após o falecimento de Porto, por Chin-Tsu-Lin, J.B. Valim e C.A. Bertran no artigo *Chemist's Dream About IR Laser Photochemistry* [8, p. 17]:

Nos anos recentes, o grupo de fotoquímica a laser na UNICAMP tem estado efetivamente envolvido na pesquisa das disciplinas mencionadas acima. O falecido Professor Sergio P.S. Porto era intimamente ligado com o nosso grupo de pesquisa, assim é adequado neste simpósio comemorativo apresentar alguns resultados obtidos por meu grupo com as sugestões valiosas e apoio do saudoso Professor Porto.

4.3. Medicina

Sergio Porto e sua equipe dedicam-se a aplicação do laser como ferramenta cirúrgica, cujas atividades e pesquisas resultaram em significativa contribuição para a medicina brasileira nas especialidades: oftalmologia, otorrinolaringologia (e otologia), ginecologia (extensiva a mastologia) e, introdutoriamente, a cardiologia. Vejamos as atividades em cada uma dessas especialidades da medicina.

4.3.1. Oftalmologia

Com equipe formada por seus ex-alunos de doutorado, os físicos D. Bozinis e Antonio Penna, somados ao oftalmologista e cirurgião João Alberto Holanda de Freitas, Porto insere o uso do laser de argônio em cirurgias oftalmológicas no parque universitário brasileiro, mais particularmente na Unicamp, obtendo resultados positivos, com artigos publicados e reconhecimento internacional. Conforme lembrado pelo então cirurgião:

Escolhidos como local o Instituto Penido Burnier, Campinas, SP, e como data o dia 13 de dezembro de 1975, dia de Santa Luzia, para dar certo, a cirurgia que teve como paciente o senhor Norival, realizou-se com o uso de laser de argônio. [...] Posteriormente realizamos, aqui em Campinas, a primeira cirurgia de glaucoma, do mundo, utilizando laser de argônio, a qual gerou tema de Congresso nos EUA. [23]

Êxito assegurado na aplicação do laser, em cirurgias oftalmológicas para minimização ou eliminação dos efeitos da retinopatia diabética, suas realizações multiplicam-se no Brasil, com Sergio Porto e equipe,

a partir da UNICAMP, oferecendo treinamento aos profissionais de instituições médicas brasileiras e estrangeiras interessadas, conforme ainda narra o cirurgião:

Daí em diante, inicia-se um segmento de cirurgias no país, com uso de laser, que não mais cessa, irradiando-se para outras especialidades como otorrinolaringologia, ginecologia, urologia, etc. [...] [23].

Dentre as repercussões internacionais, que reconhecem o êxito das cirurgias oftalmológicas com o uso de laser realizadas no Brasil, podemos citar a palestra sobre a *Fotocoagulação da Íris* apresentada, como palestrante convidado, por Sergio Porto, no evento denominado Gordon Conference on Laser in Medicine and Biology, realizado em New Hampshire, Estados Unidos, em junho de 1978.

Embora existam registros sobre a existência de cirurgias a laser já realizadas em Fortaleza,¹⁴ no hospital do INPS, e em São Paulo, no Hospital Sírio-Libanês, é tributado, conforme Freitas [23] e Bozini [25], a Sergio Porto o pioneirismo em introduzir o laser na medicina brasileira iniciando-se pela oftalmologia porque com a ação do físico as dúvidas sobre como aplicar essa radiação no tecido humano, com eficácia comprovada, foram dirimidas, constituindo-se, portanto em rotina a prática dessas cirurgias na UNICAMP às quartas-feiras, dia da semana que ficara conhecido no meio hospitalar dessa universidade como “dia dos homens da luz”.

4.3.2. Otorrinolaringologia

Com a experiência acumulada pelos sucessos alcançados com o uso do laser na oftalmologia, somando-se às reivindicações de cirurgiões otorrinolaringologistas da época, a exemplo do Dr. Luis Escudero, ex-diretor da Faculdade de Medicina da UNICAMP; Sergio Porto e sua equipe de físicos, os já citados e mais Eliseo Gallego-Lluesma, iniciam-se no intento de contribuir para essa especialidade médica, começando particularmente pela otologia, onde são envidados esforços no sentido de, com a aplicação do laser também de argônio, minimizar a surdez ou eliminá-la, a partir de correções cirúrgicas na membrana auditiva dos pacientes, técnica conhecida na comunidade médica como otorrinoplastia.

Em sendo o interior do ouvido uma região com geometria curvilínea, para condução da radiação laser até o interior do ouvido, foram desenvolvidas as primeiras fibras ópticas (meio que conduz a luz laser), para minimizar os óbices de percurso existentes na trajetória auricular até se chegar ao tímpano. Com o equipamento já disponível, o laser como ferramenta cirúrgica na otologia é então de fato aplicado, pioneiramente no Brasil e no mundo, em otorrinoplastias humanas. Além dos físicos já mencionados, integrando a

equipe médica coordenada pelo otorrinolaringologista Luis Escudero, então vinculado, também, à Pontifícia Universidade Católica de Campinas, estão os cirurgiões otorrinolaringologistas Aluysio O. Castro e Milton Drummond, esses vinculados ao Hospital da Beneficência Portuguesa, sediado em São Paulo. Recorda, também, esse período um dos especialistas e componente da equipe, o físico D. Bozini, que diz [25]:

Foram realizadas as primeiras otorrinoplastias no Brasil, com o uso de lasers. Sergio Porto inaugura, também, a técnica de transplante de tímpano em seres humanos no Brasil e no mundo a laser, desenvolvendo-a em parceria com o médico Luis Escudero. Daí seguem-se os devidos aperfeiçoamentos na técnica.

Por essas atividades Sergio Porto é convidado como o especialista a ser entrevistado em mesa redonda sobre *Aplicações do Laser na Otorrinolaringologia, Congresso Mundial de Laringologia*, Argentina, em 1977. Em maio de 1979, no artigo *Argon Laser in Human Tympanoplasty*, a equipe responsável pela inovação afirmava: “Nós descrevemos o primeiro emprego com êxito do laser de argônio em timpanoplastia” [26], registrando portanto, a contribuição brasileira nesse campo.

4.3.3. Ginecologia e mastologia

É nesse contexto que Sergio Porto e equipe de físicos por ele coordenada, em parceria com o ex-diretor da faculdade de medicina da UNICAMP, o ginecologista e cirurgião José Aristódemo Pinotti, utilizando o laser como ferramenta médico-cirúrgica objetivam minimizar os males trazidos pelos cânceres de colo de útero e de mama. Sobre as vantagens do novo tratamento cirúrgico, relata o professor Pinotti, quando entrevistado pelo jornal O Estado de São Paulo, 7 de setembro de 1980:

[...] o tratamento cirúrgico com o laser passa a ser feito como simples operação de ambulatório médico, além de preservar as áreas saudáveis que circundam os tecidos degenerados ou doentes, as quais, na maioria das vezes, são mutiladas quando aplicados os métodos convencionais, que jamais garantiram ao médico um controle exato da área a ser cauterizada.

O laser, àquela década, escolhido pela equipe para as aplicações ginecológicas e mastológicas era o de CO₂ (gás carbônico) devidos às suas peculiaridades de interação com a matéria orgânica. O físico, Dimitrios G. Bozini, que fazia parte daquela equipe, assim recorda a contribuição do seu orientador de doutorado sobre as

¹⁴O oftalmologista Valter Justa narra, com detalhes, essas cirurgias na Ref. [24, p. 25].

aplicações do laser para as supracitadas especialidades médicas [25]:

Inicia [*Sergio Porto*] trabalhos com uso de laser primeiramente para conter avanços no câncer de mama e colo de útero em parceria com o médico José Aristódemo Pinotti.

4.3.4. Cardiologia

Na década de 1970, o Brasil já realizava transplantes de coração e “pontes de safena”, objetivando, obviamente, suprimir limitações cardiovasculares em pacientes. É nesse contexto que a UNICAMP, em 1979, com equipe de físicos coordenada por Sergio Porto, oferece à USP os serviços de desobstrução de artérias, mediante a destruição de ateromas com o uso do laser. As negociações com o InCOR tiveram início e as pesquisas começaram a ser realizadas na UNICAMP, conforme noticiado pelo jornal DIÁRIO DO POVO, em 23 de junho de 1979:

Um pedido da equipe do cardiologista Eurícles de Jesus Zerbini foi o último recebido, na Universidade Estadual de Campinas pela equipe do Professor Sergio Porto. Mas, [...] ele já não estava em Campinas, havia seguido para a Alemanha [...]. No entanto o bombardeamento da artéria, para pesquisa da utilização do laser na esclerose, foi feita através do professor [*e físico*] Wladimir Guimarães, amigo de Porto há 25 anos [...].

A contribuição global do físico brasileiro para a medicina do seu país pode, ainda, ser compreendida, consoante o relato do médico especialista em cirurgia a laser o Dr. João A.H. Freitas, que assim testemunha a presença do físico nas ciências biomédicas brasileiras [23]:

Sergio Porto foi uma pessoa muito especial, pesquisador incansável, de uma imaginação fértil, sabia de tudo como reagiria o tecido humano aos raios laser, sobretudo nas áreas de oftalmologia, otorrinolaringologia, ginecologia e dermatologia. A sua perda deixou um vácuo até hoje não preenchido no ramo dos lasers em medicina e biologia. Digo-lhe, Walker, que a medicina brasileira aprendeu a usar laser com Sergio Porto.

4.4. Separação isotópica a laser¹⁵

Um dos projetos aos quais Porto mais se dedicou em seu retorno ao Brasil foi o do uso do laser para a separação isotópica do urânio, projeto que teria atraído a atenção do governo federal conforme depoimento do Ministro

Reis Velloso. A liderança internacional de Porto na proposta e na exploração dessa técnica é ainda hoje reconhecida internacionalmente, conforme artigo publicado há poucos anos atrás no *Bulletin of the Atomic Scientists*: “O planejamento da pesquisa a laser brasileira [referindo-se à separação isotópica com o Laser] se originou nos Estados Unidos, no princípio dos anos 70, e foi conduzido por Sergio Porto, cientista brasileiro e professor do Instituto de Tecnologia da Califórnia e da USC [...]” [28, p. 16]. A sensibilidade militar e industrial envolvida no ciclo dos combustíveis nucleares, a exemplo do enriquecimento do urânio, fez com que toda essa pesquisa no Brasil fosse conduzida como segredo militar, de fato, conduzida por iniciativa das forças armadas, em especial da Aeronáutica e da Marinha. Tais circunstâncias dificultam a narrativa e a análise do que foi efetivamente desenvolvido, pela indisponibilidade das fontes históricas. No que pese a escassez das fontes, sabe-se que a autonomia brasileira no enriquecimento do urânio foi obtida não através do uso do laser, como buscado por Sergio Porto, mas sim através da centrifugação em processo sob a liderança da Marinha. Contudo, se a separação isotópica a laser não chegou a uma escala piloto, resta o problema de se saber quais os reais desenvolvimentos obtidos.

Com base na comparação de diversas fontes, [15, p. 133, 29, 30], podemos concluir que esse projeto começou a ser gestado com Porto ainda nos EUA, e sob sua liderança, com a colaboração de Claudio Rodrigues, do Coronel José Alberto Amarantes, do Centro Tecnológico da Aeronáutica (CTA), e Spero Penha Morato. No Brasil, essa iniciativa convergiu com aquela da Marinha, sob a liderança de Othon Luiz Pinheiro da Silva, envolvendo tanto o CTA quanto o Instituto de Pesquisas em Energia Nuclear (IPEN).

Desse processo, Morato [30] lembra como feito científico quando conseguiu separar em laboratório as linhas espectroscópicas de diferentes moléculas isotópicas do Hexafluoreto de urânio, usando amostra trazida dos EUA por Sergio Porto. Por sua vez, a física Elza Vasconcelos [22], lembra também quando diz: “Fiz estudos preliminares na molécula de BCl_3 , mostrando que o laser de CO_2 podia, de fato, ser absorvido seletivamente ou por moléculas com Boro 10 ou por moléculas com Boro 11, possibilitando assim o enriquecimento da mistura ao destruir as moléculas de um dos dois isótopos, através da absorção da radiação.” É certo, por fim, que a atividade conduzida por Porto, se não levou ao êxito esperado na separação isotópica do urânio contribuiu para a qualificação de cientistas brasileiros no uso do laser com finalidades variadas. Pode ser dito, mesmo, que a atividade de pesquisa em laser, conduzida hoje no Centro de Lasers e Aplicações do IPEN, sob a liderança de Nilson Dias Vieira Junior, doutorado na USP sob a orientação de Spero Morato, é um fruto daquela atividade de pesquisa.

¹⁵Para uma análise mais detalhada do projeto de separação isotópica do urânio, ver Ref. [27], texto no qual esta seção está baseada.

5. A morte do físico Sergio Porto

Em 1979 Sergio Porto vai à então União Soviética para proferir palestras na IV Vavilov Conference on Coherent and Nonlinear Optics em Novosibirsk na Sibéria. Realizadas as conferências, Porto realiza uma de suas atividades preferidas: organiza “times” de cientistas e denomina a partida de futebol de “URSS versus o Resto do Mundo”. Logo após o início dessa, o resultado não esperado, um fulminante ataque cardíaco mata o cientista brasileiro. Porto foi vítima do agravamento das suas limitações cardíacas, já por ele conhecidas desde 1973.

Após a sua morte diversas homenagens foram realizadas pela comunidade científica, nacional e internacional, sendo esses tributos póstumos de natureza administrativa, científica e jornalística. Uma dessas homenagens veio do periódico científico *Journal of Raman Spectroscopy*, que dedicou um de seus volumes a uma “Sergio Porto Commemorative Issue.” A revista concluiu sua edição com o artigo *Normal Mode Determination in Crystals*, assinado por D.L. Rousseau, do Bell Telephone Laboratories; R.P. Bauman, da University of Alabama; e S.P.S. Porto, do Instituto de Física, University of Campinas, Brazil [31]. Esse artigo, que teve como objetivo “apresentar métodos teóricos de grupos básicos que podem ser empregados para determinar regras de seleção em cristais,” já recebeu 376 citações até junho de 2008, e constitui-se numa das últimas contribuições do físico Sergio Porto para a literatura científica internacional.

6. Considerações finais

A intensa e diversificada atividade científica desenvolvida por Porto, nos EUA e no Brasil, pode ser melhor compreendida com o recurso à noção de “instrumento-tronco”, introduzida pelo sociólogo da ciência Terry Shinn, para descrever o que denominou de “regime transversal” de produção da ciência. Com essa noção, ilustrada pelo laser, pelas ultracentrífugas ou pelo microprocessador, o sociólogo quis denominar de instrumento-tronco os instrumentos científicos que atravessam as fronteiras das disciplinas científicas, constituindo, por conseguinte, seus cientistas-usuários comunidades científicas cuja identidade básica está associada à competência na aplicação desses instrumentos.

Conforme Shinn, os praticantes dessa modalidade de regime de produção da ciência “se concentram sobre as leis da instrumentação, mais do que sobre aquelas que regem o mundo natural, e desenvolvem uma instrumentação genérica cujos princípios técnicos - objetivados no instrumento-tronco - podem ser mobilizados por ocasião da elaboração de instrumentos destinados

à universidade, à indústria, aos grandes organismos de mensuração ou, ainda, ao setor militar” [32, p. 146].

Foi a competência no desenvolvimento do laser e nas suas aplicações que permitiu a Porto tanto construir subdisciplinas, como a da espectroscopia Raman com laser, quanto transitar com as aplicações do laser por áreas tão diversas como física da matéria condensada, química, medicina, engenharia ou física nuclear. Esse contexto profissional não é, entretanto, suficiente para explicar o êxito da carreira de Porto. Precisamos ter em conta tanto seus talentos científicos e sua energia quanto a sua intuição, a qual lhe permitiu usar a janela de oportunidades criada pela invenção do laser para redefinir sua própria inserção no campo científico, para usarmos um conceito do sociólogo Pierre Bourdieu, saindo de uma posição subalterna nesse campo para a de um líder internacional no florescente campo do laser e suas aplicações [33].

Por fim, pelo êxito internacional e nacional da sua carreira e pela sua contribuição na formação de novos pesquisadores e na construção de uma nova instituição no Brasil, o Instituto de Física da Unicamp, causa certa estranheza que o reconhecimento de Porto no Brasil não esteja à altura de sua contribuição. Oferecemos, então, algumas conjecturas para explicar esse paradoxo.¹⁶

A trajetória de Porto no Brasil na década de 1970 esteve fortemente associada ao regime militar seja pelas circunstâncias de seu retorno seja pela sua participação nas pesquisas nucleares com o projeto de separação isotópica do urânio, embora não tenhamos encontrado, da parte de Porto, evidências de apoio explícito aos objetivos políticos ou ideológicos do regime militar. É sabido que desde 1979, com a concessão da anistia política aos perseguidos pelo regime militar, e até o seu término em 1984, esse entrou em uma fase de evidente declínio. Nessa fase muitas instituições e personalidades que tinham mantido algum tipo de vínculo com o regime militar dele se afastaram passando a uma atitude de aberta oposição, o que lhes grangeou uma imagem democrática.

Em outra perspectiva, o intempestivo falecimento de Sergio Porto, no mesmo ano da concessão da anistia, não lhe forneceu a chance de se desvencilhar desses vínculos, caso ele achasse necessário. Por sua vez, o crescimento do sentimento democrático na opinião pública brasileira, aliada às competições simbólicas inerentes ao campo científico, podem ter sido responsáveis por esse insuficiente reconhecimento da contribuição de Sergio Porto para a física brasileira.

Referências

- [1] W.A.L. Santana, *História do Laser no Brasil, 1959-1979: A Trajetória do Físico Sergio Porto*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, 2006.

¹⁶Essas considerações estão mais desenvolvidas na Ref. [27].

- [2] A.L. Schawlow and C.H. Townes, *Physical Review* **112**, 1940 (1958).
- [3] J.L. Bromberg, *The Laser in America* (Massachusetts Institute of Technology Press, Cambridge, 1991).
- [4] H. Kragh, *Quantum Generations - A History of Physics in the Twentieth Century* (Princeton University Press, Princeton, 1999).
- [5] O. Freire e J.E.F. Clemente, in: *História, Cultura e Poder*, organizado por A.L.M. Dias, E.T. Coelho Neto, M.M.S.B. Leite (EDUFBA, Salvador, 2010), pp. 49-64.
- [6] A. Sur, in: *The Oxford Guide to the History of Physics and Astronomy*, edited by J.L. Heibron (Oxford University Press, New York, 2005), pp. 278-280.
- [7] S.P.S. Porto and D.L. Wood, *Journal Optical Society America* **59**, 251 (1962).
- [8] W.O.N. Guimarães, C.T. Lin and A. Mooradian, *Lasers and Applications* (Springer, Berlin, 1981).
- [9] S.P.S. Porto, T.C. Damen and B. Tell, *Physical Review Letters* **142**, 570 (1966).
- [10] R.C.C. Leite and S.P.S. Porto, *Proceedings of the IEEE* **51**, 606 (1963).
- [11] R.C.C. Leite, R.S. Moore, S.P.S. Porto and J.E. Ripper, *Physical Review Letters* **14**, 7 (1965).
- [12] S.R.A. Salinas, in: *A Cultura da Física: Contribuições em Homenagem a Amélia Império Hamburger*, editado por A.A.P. Videira e S.R.A. Salinas (Editora Livraria da Física, São Paulo, 2001), pp. 139-149.
- [13] C.A. Argüello, *Extrato de Entrevista Oral*. Entrevistador: Walker Lins. Local da entrevista: Hotel Pestana, Salvador - BA, em 25 de outubro de 2004.
- [14] R.L. Zimmerman. *Depoimento Escrito e Extrato de Entrevista Oral*. Entrevistador: Walker Lins. Local da entrevista: Instituto de Física, USP, Ribeirão Preto-SP, 8 maio 2005.
- [15] E.C.C. Vasconcelos and A.F.S. Penna (eds.), *Proceedings of the Memorial Symposium on Lasers and Applications and Selected Scientific Works of Prof. Sergio P.S. Porto* (Campinas, UNICAMP, 1992).
- [16] S.P.S. Porto, *Depoimento de Sergio Porto, em 21 de agosto de 1968*, realizado no Congresso Nacional, Câmara dos Deputados, Comissão de Minas e Energia. Sessão presidida pelo Deputado Edilson Mello Távora, fita n° S-31, Taquígrafa Eleonora; Centro de Doc. e Inf., Coordenação de Arquivo, Câmara dos Deputados, Brasília, DF, Brasil, 1968.
- [17] N. Bernardes, *Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Física* **1**, 18, (1991).
- [18] D.G. Munhoz, in: *História Econômica do Brasil Contemporâneo*, editado por T. Szmrecsányi e W. Suzigan. (EDUSP, São Paulo, 2002), pp. 267-298.
- [19] S.P.S. Porto, *Entrevista Oral*. Realizada por T.G. Franken e R. Guedes, com a participação de Newton Bernardes e F. Lara, em 1977, depositada no CPDOC da Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 1977.
- [20] M.C. d'Araujo e C. Castro (orgs), *Tempos Modernos: João Paulo dos Reis Velloso, Memórias do Desenvolvimento* (Editora FGV, Rio de Janeiro, 2004).
- [21] S. Schwartzman, *Um Espaço para a Ciência: A Formação da Comunidade Científica no Brasil*. (Brasília, Ministério da Ciência e Tecnologia, Brasília, 2001).
- [22] E.C.C. Vasconcelos, *Extrato de Entrevista Oral*. Entrevistador: Walker Lins. Local da entrevista: Residência da entrevistada, Campinas, SP, em 4 de maio de 2005.
- [23] J.A.H. Freitas, *Extrato de Entrevista Oral*. Entrevistador: Walker Lins. Local da entrevista: Clínica de Olhos Holanda de Freitas, Campinas - SP, em 9 de maio de 2005.
- [24] J.A. Freitas e J. Provenzano (orgs), *Laser em Oftalmologia* (Rio Med Livros, Rio de Janeiro, 1997).
- [25] D.G. Bozinis, *Extrato de Entrevista Oral*. Entrevistador: Walker Lins. Local da entrevista: Residência do entrevistado, Campinas, SP, 11 de maio de 2005.
- [26] L.H. Escudero, A.O. Castro, M. Drumond, S.P.S. Porto, D.G. Bozinis, A.F.S. Penna e E. Gallego-Lluesma, *American Medical Association* **105**, 252 (1979).
- [27] O. Freire e W.L. de Santana, in: *O Militar e a Ciência no Brasil*, organizado por M. Domingos Neto (Gramma, Rio de Janeiro, 2010), pp. 151-168.
- [28] J. Boureston and F.D. Ferguson, *Bulletin of the Atomic Scientists* **61**, 14, (2005).
- [29] A.M.P.L. Gordon, *Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP). Um Estudo de Caso à Luz da História da Ciência, Tecnologia e Cultura do Brasil*. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras Humanas, Universidade de São Paulo, 2003.
- [30] S.P. Morato, *Entrevista com O. Freire e A.M.P.L. Gordon*. Local da entrevista: IPEN, São Paulo, 2008.
- [31] D.L. Rousseau, R.P. Bauman and S.P.S. Porto, *Journal of Raman Spectroscopy* (Sergio Porto Commemorative Issue) **10**, 253 (1981).
- [32] T. Shinn e P. Ragouet, *Controvérsias Sobre a Ciência - Por Uma Sociologia Transversalista da Atividade Científica* (Editora 34, São Paulo, 2008).
- [33] P. Bourdieu, in: *Pierre Bourdieu*, organizado por R. Ortiz (Ática, São Paulo, 1983), pp. 122-155.