

Os impactos da crise na física e na matemática do início do século XX sobre o discurso econômico contemporâneo

Maurício Martinelli Silva Luperi (UNIFESP)

Ramón García Fernandez (UFABC)

Resumo

Os artigos econômicos não formalizados matematicamente são considerados hoje pouco científicos pela corrente dominante da economia. Entretanto, nem sempre isso foi assim, o que nos leva a estudar essa mudança. Discutimos inicialmente o trabalho de Mirowski (1991), que destaca algumas rupturas ocorridas no discurso econômico ao longo de sua história que tornaram possível o estabelecimento de um discurso econômico mais matematizado. Em seguida, buscamos o entendimento de como se deu esse processo baseados em Ingrao & Israel (1990), Punzo (1991), Beaud & Dostaler (1997) e Weintraub (2002), nos quais procuramos elementos que permitam entender quais as mudanças na física e na matemática que afetaram a evolução da ciência econômica. Analisamos finalmente como essa mudança dos parâmetros de rigor na comunidade levou a que o teorema de Arrow-Debreu (1954) passasse a ser considerado como prova acabada da existência de equilíbrio geral.

Palavras-chave: matematização; processo; discurso.

Abstract

Nowadays, economic papers not formalized mathematically are not considered really scientific by the economics mainstream. However, this has not always been the case, so we will focus on that change. First, we discuss Mirowski (1991), paper in which some breaking points in the history of economic discourse that led to a greater mathematization are studied. Then, we seek to understand how this process took place, based on Ingrao & Israel (1990), Punzo (1991), Beaud & Dostaler (1997) and Weintraub (2002), authors in which we sought for clues to understand how some changes in Physics and Mathematics had an influence in Economics. Finally we looked after some changes in the idea of rigor in the community of economists led to consider the Arrow-Debreu (1954) theorem as a definite proof of the existence of a general equilibrium.

Keywords: mathematization, process, discourse.

JEL:

B29;

B41

Os impactos da crise na física e na matemática do início do século XX sobre o discurso econômico contemporâneo

1. Introdução

Nos dias de hoje, os artigos econômicos não formalizados matematicamente são considerados pouco ou nada científicos pela corrente dominante¹ da ciência econômica. Entretanto, nem sempre foi assim; o grau de formalização dos economistas clássicos era mínimo, e alguns pioneiros dessa abordagem (entre eles Antoine Cournot e Johann Von Thünen) não causaram maior impacto no conjunto da profissão. Mesmo a Revolução Marginalista, defensora do uso do cálculo matemático, não conseguiu que se generalizasse essa abordagem. Todavia, hoje estamos num mundo no qual a economia é vista como um conjunto de modelos formais. Como ocorreu essa mudança? Este artigo não se propõe responder essa questão em sua totalidade, mas pretende dar uns passos nessa direção. Basicamente, o que pretendemos olhar é o impacto em nossa ciência das mudanças pelas quais passaram a física e a matemática no final de S.XIX e no começo do S. XX.

Iniciamos nossa investigação a partir do artigo de Philip Mirowski (1991), que destaca algumas rupturas ocorridas ao longo da história que tornaram possível o estabelecimento de um discurso econômico mais matematizado. Em seguida, buscamos revisar textos que destacam as principais influências e impactos das mudanças ocorridas na matemática e da física no discurso econômico. Utilizamos principalmente dos trabalhos de autores como Bruna Ingrao & Giorgio Israel (1990), Lionello F. Punzo (1991), Michel Beaud & Gilles Dostaler (1997) e E. Roy Weintraub (2002), procurando compará-los quando possível. A partir dessas leituras, analisamos as principais mudanças ocorridas na física e na matemática no início do século XX que provocaram a substituição da mecânica clássica pela física quântica e o predomínio da geometria não euclidiana sobre a euclidiana. Em seguida, destacamos a importância dos matemáticos David Hilbert, John von Neumann, dos filósofos e cientistas do Círculo de Viena, dos participantes dos seminários de Bourbaki, entre eles, o matemático Gerard Debreu, para o avanço da matematização do discurso econômico. Se antes, até a chamada revolução marginalista do final do século XIX, prevalecia o método empírico-dedutivo na produção de teoria econômica, após a revolução ocorrida na matemática na física nesse período, o método hipotético-dedutivo, conforme definições de Luiz Carlos Bresser-Pereira (2008), passou a prevalecer; isso permitiu que a produção de um arsenal de

¹ Consideramos a corrente dominante em economia àquela que tem como pressupostos a teoria do equilíbrio geral e as expectativas racionais. Trata-se dos novos-clássicos e dos novos-keynesianos, para os quais, no longo prazo, as variáveis nominais (p.ex. moeda), não afetam variáveis reais: renda e emprego.

teoremas sem necessidade de correspondência com a realidade passasse a ser visto como o cume da teoria econômica, processo que esteve aliado à disseminação da meta-teoria do equilíbrio geral.

2. O discurso econômico: alguns conceitos e uma revisão histórica

Uma questão importante que devemos esclarecer diz respeito à conceituação de dois termos que muitas vezes podem ser usados como sinônimos, mas que têm sentido ligeiramente diferente (e em certos contextos, apontam em direções muito divergentes): matematização e formalização. Nós entendemos neste trabalho que formalização matemática (para dizê-lo em termos formais, valha o paradoxo) é um subconjunto do conceito de formalização. Por matematização nós entendemos, de modo amplo, o uso de qualquer instrumental matemático: equações, teoremas, o uso do cálculo diferencial, da topologia, etc. A simples presença de números, todavia, não caracteriza o processo de matematização: uma tabela com dados quantitativos, o cálculo de percentagens, o uso das quatro operações básicas, etc., certamente não caracteriza a matematização da economia no sentido que utilizamos neste ensaio. Caso contrário, praticamente todas as ciências estariam matematizadas, e o que nós queremos apontar é algo que diferencia a economia das outras ciências sociais ou da história.

Vejamos, como exemplo prático, o livro do conhecido historiador econômico Angus Maddison (1991) sobre o desenvolvimento do capitalismo. Este livro, em suas pouco mais de duzentas páginas, tem mais de cem tabelas, além de muitos gráficos. Todavia, nada disso basta dentro de nossa categorização para caracterizar sua abordagem como matematizada²,

Por sua vez, nem toda abordagem matematizada é necessariamente formalizada. Manuais de microeconomia de graduação como o de Robert Frank (1998) ou o de Robert Pindyck & Daniel Rubinfeld (2010), cheios de gráficos e com algumas poucas equações estão certamente matematizados, mas não têm uma abordagem formalizada. Já o manual mais avançado de Walter Nicholson (1995), que emprega uma exposição matemática baseada no cálculo, poderia ser considerado formalizado matematicamente³.

² A bem da verdade, há no livro uma única ocasião em que o autor faz uma exposição matematizada: ao explicar na página 15 o conceito de PIB per capita, Maddison o explica usando uma equação, na qual o PIB per capita (Y/P) seria função de uma série de variáveis. Este exemplo é importante para dizer que, em nossa visão a matematização é um continuum ou, usando os conceitos de Nicholas Georgescu-Rögen (1980), o conceito de matematização é dialético e não aritmomorfo. Dando outros exemplos concretos, o fato de que seja possível localizar em “O Capital” ou na “Teoria Geral” alguma equação ou fórmula, não justificaria dizer que a argumentação dessas obras se baseia numa linguagem matematizada.

³ O conhecido manual de graduação de Hal Varian (2006), que faz uma exposição com gráficos e equações, mas que inclui em boa parte dos capítulos apêndices matemáticos que empregam cálculo estaria em algum ponto intermediário de nosso continuum.

Uma última questão, que discutiremos melhor mais a frente, é que também são diferentes os conceitos de formalização matemática e de axiomatização, estando este incluído naquele. Como discute Weintraub (2002), ao usarmos os termos formalização e axiomatização como sinônimos estamos tomando partido por uma visão determinada, certamente não consensual, da matemática e de seu funcionamento.

Segundo Mirowski (1991), houve ao longo da história do pensamento econômico duas rupturas no discurso acadêmico. A primeira ruptura teria ocorrido por volta de 1870, com a consolidação da escola marginalista. Os integrantes dessa escola, um grupo de pesquisadores formados basicamente em engenharia, buscaram conceber um projeto que garantisse a cientificidade da economia política, a que eles consideravam insuficiente naquele momento. Esse grupo incluía nomes como William Stanley Jevons, Leon Walras, Francis Ysidro Edgeworth, Irving Fisher e Vilfredo Pareto. Esses autores teriam se inspirado em uma metáfora da física: “*o equilíbrio dentro do campo de força*”. A partir desse pensamento, igualavam a energia potencial à utilidade. Seria por isso, segundo Mirowski, que muitos autores, até mesmo desconhecendo as atividades uns dos outros, copiaram a matemática da física literalmente “termo por termo e apelidaram o resultado de economia matemática.” (MIROWSKI, 1991, p.147)

Entretanto, o discurso da escola marginalista vinculado à mecânica racional sofreria muita resistência. Mirowski tentou avaliar a evolução dessa incorporação da linguagem matemática na economia pesquisando a produção científica por meio da análise dos principais periódicos acadêmicos. Todavia como, segundo esse autor, a publicação das revistas econômicas até 1890 era irregular, ele teve dificuldades em verificar os impactos reais da revolução marginalista no discurso econômico no período de 1870 a 1887.

Mirowski conclui que a matematização desejada pela teoria “marginalista neoclássica” teria avançado pouco até o começo da década de 1920. Entretanto, de 1925 até 1936 ocorreu o que esse autor chamou de segundo salto quântico⁴. Trata-se da segunda ruptura no discurso econômico. Nesse segundo período, ao contrário do primeiro, já se dispunha de uma continuidade na publicação das principais revistas de economia do mundo. Por isso, Mirowski selecionou para sua pesquisa quatro delas: “Revue D’Économie Politique” (RDP), “Economic Journal” (EJ), “Quarterly Journal of Economics” (QJE) e “Journal of Political Economy” (JPE). Seu objetivo era o de verificar quando ocorrera a mudança de um discurso econômico menos matematizado para um mais matematizado. O período de análise de Mirowski foi de 1887 a 1955, anos dos que coletou dados qualitativos dos artigos publicados nos referidos periódicos. Nesse estudo, o autor verificou que de

⁴ “quantum leap”

1887 a 1924 a participação do discurso matemático nas revistas estudadas era muito baixa. Até 1924, as revistas raramente devotavam mais de 5% de seu espaço a artigos com discurso matemático. A mudança no discurso econômico teria ocorrido entre 1925 e 1936. Entre os periódicos estudados neste período, essa mudança foi liderada pelo QJE, que chegou a 25% do total de páginas com discurso econômico matemático. No JPE, esse processo de mudança demorou um pouco mais, chegando apenas nos anos 50 ao mesmo patamar do QJE. O EJ e a RDP chegam ao índice de 20% após a II Guerra.

Por ora é importante destacar que “O exame das características dos ‘papers’ antes e depois da segunda ‘ruptura’ indicam claramente que o nível recém-alcançado do discurso matemático esteve estreitamente associado com o programa de pesquisa neoclássico” (MIROWSKI, 1991, p.150). Entretanto, não é o objetivo de Mirowski nesse artigo tratar de maneira detalhada as causas da segunda ruptura do discurso econômico. Tentaremos fazer uma contribuição nessa direção. Para isso, faremos uma análise histórica dessa ruptura associando-a a algumas transformações ocorridas na matemática.

3. Influências da matemática e da física no discurso econômico

Para a maior parte dos autores que estudamos neste trabalho, a chamada revolução marginalista neoclássica teria sido inspirada na mecânica clássica. O modelo newtoniano, que serviu de inspiração a Walras, Jevons e Pareto, entre outros, conforme destacam Ingrao & Israel (1990), Punzo (1991) e Weintraub (2002), tinha como base a observação. E por se basear na observação, limitava o desenvolvimento da economia matemática, pois nem toda teoria econômica encontrava amparo em características observáveis. Como vimos em Mirowski (1991), o avanço⁵ do discurso matemático sobre a economia se elevou substancialmente apenas a partir da década de 1930. Surge, portanto, a questão de como teria ocorrido esse avanço. A hipótese explorada aqui é que ele só foi possível graças a mudanças ocorridas na matemática e na física, frutos de uma crise ocorrida nessas ciências no início do século XX, que “permitiram” aos economistas a aplicação do método hipotético-dedutivo, típico da física matemática, em detrimento do histórico-dedutivo⁶. Durante essa crise, teria havido o rompimento com a noção de rigor relacionado à correspondência

⁵ Usamos o termo “avanço” no sentido de ocupação de espaço (como em “O exército do general X avançou no território inimigo”), não atribuindo a essa palavra, neste contexto, nenhuma valoração positiva (como seria em “Sua descoberta representa um grande avanço para a saúde da humanidade”).

⁶ O método hipotético-dedutivo permite que haja uma “hipótese precisa e quantificável. Inicia-se do homo economicus cujo comportamento é completamente previsível, adicionando-se umas poucas suposições que permitem uma teoria precisa e matemática.” Já o método histórico-dedutivo “não parte de hipóteses simples, mas de observações de uma realidade complexa e mutável. Ambos são dedutíveis mais a diferença entre os dois não é questão de grau, mas que um parte de hipóteses enquanto o outro é histórico e parte de uma sequência de fatos observados” (BRESSER-PEREIRA, 2008, p.3).

com a realidade. Essa ideia foi substituída pela noção de rigor vinculada às provas matemáticas formais. Daí em mais, a matemática e a física passaram a se desenvolver sem a necessidade de uma correspondência com fatos observados, surgia um novo reducionismo⁷ em que as provas matemáticas formais ganhavam preponderância. Isso teria impactado a teoria econômica principalmente pela influência de matemáticos e físicos buscaram a unificação do método através da aplicação desse novo reducionismo matemático a outras ciências, inclusive às ciências sociais, especialmente a partir da difusão das ideias do Círculo de Viena.

3.1 A crise na matemática e na física do início do século XX

Para compreender o processo de matematização do discurso econômico é necessário entender quais transformações estavam ocorrendo na física e na matemática no início do século XX.

Para INGRAO & ISRAEL (1990) foi o matemático e físico italiano Vito Volterra (1860-1940) quem vislumbrou, em 1907, as duas faces da crise. A primeira seria a teoria da relatividade de Einstein, que pôs em questão os conceitos fundamentais da mecânica clássica como espaço e o tempo absoluto, os ‘eventos simultâneos’, etc. Um momento mais importante teria sido, entretanto, o desenvolvimento da física quântica, que desafiou a representação contínua dos fenômenos, colocando a hipótese de que a energia variava em saltos. A física quântica mostrou que a posição e a velocidade de uma partícula não podiam ser determinadas simultaneamente. Com isso, destruiu-se a ideia de que o conhecimento da posição e da velocidade de uma partícula permitiria determinar a sua evolução futura. Trata-se de um momento em que a visão da mecânica clássica perdia o papel chave que ocupava na ciência, cedendo lugar a perspectiva matemática.

A física quântica também questionava o papel fundamental do cálculo infinitesimal e a centralidade atribuída às representações matemáticas de fenômenos por meio de equações diferenciais. Essas mudanças originadas na física impactariam significativamente a matemática. Antes a matemática tinha sido, segundo Ingrao e Israel, uma ferramenta que descrevia leis da física e dentro do possível permitia prever em termos numéricos o comportamento de processos observados. A partir das transformações ocorridas no início do século XX, a matemática assumia um papel que colocava de lado o experimento. Este, portanto, ficaria desvinculado da teorização. Uma consequência dessa nova abordagem científica foi a derrocada do edifício unificado da ciência clássica, gerando a fragmentação dos trabalhos científicos, ou seja, um processo cada vez maior de especialização. Se por um lado, a vitória da analogia matemática sobre o modelo físico fundamental

⁷ Consideramos reducionismo o método baseado na observação utilizado pela física clássica.

gerou a unificação da linguagem matemática, contraditoriamente a grande especialização dessa ciência fez com que ela ficasse mais incerta.

E. Roy Weintraub (2002) analisou como a matemática teria influenciado a economia ao longo do século XX. Ele destaca que foi Francis Ysidro Edgeworth (1845-1926) quem concebeu a matemática como uma estrutura intelectual na qual a física poderia ser desenvolvida. Por isso, seria o modelo físico fundamental que a economia política deveria imitar e a maneira dessa imitação teria a estrutura matemática desse modelo físico. Entretanto, como vimos, no início do século XX, esse modelo físico havia começado a ficar obsoleto, sendo questionado por Albert Einstein, com sua teoria de relatividade, e principalmente pela física quântica. A geometria euclidiana, que era denominada ciência do espaço, foi duramente contestada uma vez que a teoria de Einstein descrevia que os raios de luz se projetavam em curvas e não de maneira plana. Impactado por esses acontecimentos, Edgeworth voltou sua atenção para a estatística pura e aplicada como instrumentos para desvendar os segredos do comportamento humano. Assim como para Edgeworth, Vilfredo Pareto (1848-1923) defendia que a argumentação matemática permitia criar proposições básicas dentro da lógica matemática e derivava as implicações dessas proposições. A argumentação matemática poderia levar a conclusões, mas essas conclusões seriam normalmente qualitativas e não quantitativas (WEINTRAUB, 2002, p. 37). Por isso, a “nova matemática” que estava surgindo não correspondia à maneira como Pareto pensava. As transformações na matemática influenciaram Pareto, que encontrou dificuldades na aplicação do método experimental na economia matemática, tendo se manifestado de maneira consciente e desanimada em um discurso em 1917:

Em certo estágio de meus estudos de economia política me encontrei num beco sem saída. Eu poderia ver a verdade experimental, mas não podia alcançá-la. Eu estava bloqueado por obstáculos numéricos – entre outros, pela dependência mútua de fenômenos sociais. (...) Não existe nenhuma dúvida que as conclusões alcançadas pelas teorias econômicas com muita frequência não são confirmadas pela evidência empírica e nós temos uma perda ao tentar fazê-las coincidir. (PARETO apud INGRAO & ISRAEL, 1990, pp.135-136).

Pareto poderia repudiar a economia por causa desse impasse ou até mesmo adotar um método “totalmente normativo”. Entretanto, sua opção foi partir para os estudos de sociologia, buscando dar contribuições para a Economia. Com essa atitude, acabou ficando isolado entre os economistas, que “não tinham o desejo de seguir sua nova liderança”.

O que percebemos mediante as dificuldades de Pareto, é que havia uma barreira aos desenvolvimentos da economia matemática no início do século XX. Talvez seja por isso que as publicações de artigos econômicos com discurso mais matematizado tenham sido exíguas nesse período, conforme apontou Mirowski (1991). Haveria a necessidade de um novo método de análise.

E é somente com a crise da física matemática clássica no começo do século XX que esse novo método, o hipotético-dedutivo, se impôs, permitindo novos desenvolvimentos da economia.

INGRAO & ISRAEL (1990, p. 170) destacam que essa crise teria atingido a economia ao redor de 1910, afetando crise do modelo walrasiano do equilíbrio geral proveniente da mimetização da mecânica clássica⁸. Tal crise teria ocorrido em função da verificação da impossibilidade da unificação da física matemática clássica e da “economia matemática”, como vimos em Pareto. Os maiores expoentes do reducionismo na física, principalmente aqueles que tinham a ideia de estender o método da física às outras ciências, declararam a inutilidade de novas tentativas de unificação. Por outro lado, as transformações que marcaram a superioridade do novo reducionismo baseado na análise matemática, impactaram o modelo de equilíbrio geral. Não se tratava mais de reduzir os fenômenos a leis mecânicas, como Walras o fez, mas sim de unificar formalmente leis diferentes por meio de estruturas matemáticas sem necessidade de conteúdo empírico. As conexões entre as leis e a realidade empírica se tornaram mais frouxas.

Portanto, poderíamos dizer, seguindo a conceituação de Bresser-Pereira (2008), que a matemática se tornou uma ciência metodológica cujo critério de validade passou a ser lógica dedutiva, não mais a correspondência com a realidade. Entretanto, do ponto de vista de Ingrao & Israel, isso seria controverso, pois perspectivas vinculadas ao Círculo de Viena fizeram com que se preservasse, na década de 1930, características vinculadas à comprovação empírica tanto na matemática como na economia, como veremos mais adiante.

Entretanto, visto que os modelos matemáticos aplicados à física não necessitavam mais ter uma conformidade com a realidade, abriu-se espaço para superar os limites impostos às tentativas de estender a aplicação do método da física para as outras ciências, inclusive a economia matemática. Buscava-se para economia, assim como aconteceu na “revolução” marginalista do final do século XIX, o status de ciência.

3.2 Os antiformalistas e os formalistas

A crise da física matemática do começo do século XX teria gerado uma divisão na matemática entre os “antiformalistas”, que eram favoráveis ao desenvolvimento da matemática ligado às questões experimentais, e os “formalistas”, que preferiam desenvolver uma matemática livre de qualquer restrição, com exceção do rigor formal (WEINTRAUB, 2002, p. 46 e ss.).

Segundo Volterra, conforme mencionamos acima, a primeira corrente baseava suas análises nas características empíricas dos problemas, a segunda era mais voltada para a análise da

⁸ Para WEINTRAUB (2002), essa crise teria começado a ocorrer no final do século XIX.

razão lógico-matemática. Para os matemáticos formalistas, o rigor científico era estabelecido pelo rigor formal da abordagem. Entretanto, para Volterra, o rigor na ciência não era garantido pela axiomatização: uma ciência axiomatizada não seria necessariamente rigorosa. A grande preocupação de Volterra e sua escola dizia respeito aos limites na escolha de axiomas; para ele, uma escolha de axiomas que não enfrentasse restrições não exigia que o cientista se limitasse ao que era observado na realidade. Para ele os modelos estão longe de ser livres; ao contrário, estão fortemente limitados pelos próprios fenômenos naturais que os cientistas se propõem a modelar (WEINTRAUB, 2002, p.71). O rigor não decorreria da liberdade do jogo de ideias, nem dos axiomas e estruturas abstratas, mas sim de ter fundamentos diretos e especificamente vinculados à realidade. Ou seja, as ideias deveriam se basear na realidade apreendida por meio da experimentação e da observação. Trata-se de um pensamento que se tornou marginal com o tempo.

Por outro lado, como vimos em Mirowski (1991), o aumento significativo da publicação de artigos com discurso mais matematizado se deu ao redor da década de 1930. E, segundo Weintraub, (2002, pp. 66-70), os economistas matemáticos na década de 1940 não deixaram praticamente nenhum espaço para as preocupações de Volterra.

Para Weintraub (2002, p. 72), a controvérsia sobre formalismo matemático repousa no desconhecimento da história da matemática, da história da ciência econômica e da história da relação entre ambas, existindo uma confusão quanto à definição dos conceitos de rigor, axiomatização e formalismo. Significariam o mesmo? Poderíamos igualá-los, entendendo “formal = abstrato = axiomatizado = matemático”? Poder-se-ia adicionar “= ciência econômica rigorosa”?

Toda essa discussão sobre antiformalistas e formalistas está ligada em economia principalmente às transformações ocorridas na teoria do equilíbrio geral. Punzo (1991, pp. 15-16) afirma que as diferenças entre intuicionistas (antiformalistas) e formalistas são reproduzidas respectivamente nos modelos de Walras e de Debreu. No caso da abordagem formalista, destaca que o equilíbrio geral só pode ser obtido quando as entidades economicamente relevantes são determinadas endogenamente. Por outro lado, a abordagem clássica de Walras, baseava-se em uma economia única. E, por isso, segundo Punzo, não se poderia contar com a geração de um equilíbrio geral. Isso porque haveria uma inconsistência metodológica nesse fato, decorrente da presença de dois princípios rivais em um estado de equilíbrio instável: o reducionismo (economia composta de indivíduos egoístas - microeconomia) e o holismo biológico, em que o processo endógeno de formação de preços era substituído por uma visão sistêmica, que descreveria um processo de alocação de recursos regulado de maneira global pelo princípio da escassez. Trata-se de uma

abordagem que Punzo chama de funcionalista (vinculada a mecânica clássica). Com a crise desse funcionalismo, surgiria o funcionalismo moderno que encontrou apoio nos formalistas matemáticos.

Esse funcionalismo moderno teve a colaboração do Círculo de Viena que possuía, como uma de suas principais propostas, a codificação das leis que regulam as relações funcionais. Isso porque, como os modelos formais tinham necessidade de validação, ela foi procurada nas provas de consistência de modelos. Pois só esses modelos seriam capazes de explicar as variáveis endógenas⁹.

Portanto, quando nos referimos à teoria do equilíbrio geral, assim como na matemática, podemos também separar autores antiformalistas e formalistas. No século XIX, havia modelos que possuíam base em descrições realistas da economia. Talvez por isso, esses modelos estavam mais preocupados em pagar algum tipo de “conta” social e não com equilíbrio. Não havia rigor formal matemático nas relações causais. (PUNZO, 1991, p.17). A integração entre descrição realista e explicação formal, para Punzo, foi obtida pelos formalistas (pós Círculo de Viena). Estes julgavam que não valia a pena distinguir os dois níveis de abordagem, pois estariam hierarquicamente relacionados como dois níveis da mesma construção teórica, sendo que os fundamentos microeconômicos que possibilitaram a prova lógica da existência do equilíbrio geral não existiam antes da revolução formalista que influenciou a economia.

3.3 O novo reducionismo e as influências do matemático David Hilbert

Segundo Weintraub (2002, p. 80), a mudança fundamental que permitiu o avanço da matematização no discurso econômico ocorreu inicialmente na matemática e só depois foi transplantada para a economia. Em torno de 1900, questionamentos sobre paradoxos matemáticos dentro da teoria, da aritmética e da lógica floresceram. Esses questionamentos teriam dado espaço para o desenvolvimento de um tipo diferente de formalismo, entre 1918 e 1922, por parte um dos maiores matemáticos do século XX, David Hilbert (1861-1943). Por outro lado, nessa mesma época, com o desenvolvimento da geometria não euclidiana, ocorreu o reconhecimento da crise do intuicionismo (antiformalismo) como base da verdade em matemática. Isso deu grande força para os desenvolvimentos matemáticos do século XX, que culminaram com a desistência, por parte de Hilbert dos estudos da geometria euclidiana que atribuíam conteúdo intuitivo e empírico para modelos matemáticos.

Os modelos e estruturas dedutivas haviam se tornado coextensivos. Então, por falta de coisa melhor, os fundamentos externos, agora em falta, tiveram que

⁹ Uma excelente discussão sobre o impacto do desenvolvimento das variáveis endógenas nos modelos mais formalizados matematicamente, gerando a expulsão do conteúdo empírico por meio de reconstituições formais, é explorada por WOO (1986).

ser substituídos pela exigência de se formar um conjunto completo de axiomas independentes e coexistentes, e por princípios meta-teóricos para produzir respostas corretas a questões teóricas geradas a partir da teoria (PUNZO, 1991, p.13).

O mundo do âmbito das matemáticas, anglosaxão e europeu ao qual pertencia Hilbert ainda se caracterizava, em torno de 1900, por praticar uma mistura de geometria e mecânica aplicada, sustentando imagens inconsistentes da verdade matemática baseadas na lógica e na natureza. Essas ideias não eram, segundo Weintraub (2002), tão aceitas nos países da Europa continental. Foi Hilbert quem escreveu o novo caminho axiomático, a partir do qual a comunidade matemática começou a mudar.

Na economia, há discordâncias sobre o impacto dessas mudanças na economia matemática. Não podemos apontar com precisão, por exemplo, quando efetivamente se iniciou a transição da teoria econômica baseada no modelo da física matemática clássica para o novo modelo baseado na física quântica, nem se o modelo adotado na economia seria formalista ou antiformalista. Entretanto, podemos ter uma noção. Vejamos um pouco sobre esse debate.

No final da segunda década do século XX, Hilbert e outros matemáticos desenvolveram estruturas matemáticas para fundamentar teorias de campos aplicadas na física em questões como a radiação, a eletrodinâmica, a gravitação, etc. Tratava-se da criação de uma nova estrutura de reducionismo, que exigia a axiomatização das teorias matemáticas, mais propriamente ditas, a teoria dos conjuntos e a aritmética. Ambas deviam conter sistemas consistentes e completos. A adição de axiomas ou de pressupostos deveria permitir que o sistema se tornasse completo, de maneira que houvesse certeza teórica sobre o verdadeiro e o falso. A completude do sistema ficaria ligada à possibilidade de se decidir sobre as proposições, ou sobre a prova matemática. A noção de rigor começava a mudar com Hilbert, conforme destaca Weintraub; se antes, para ser rigorosa, a teoria tinha que ter uma ligação com os fenômenos reais, desse momento em diante o rigor caminhava na direção da consistência matemática, critério que passaria a ditar a agenda da chamada rainha das ciências. Portanto, com Hilbert, a imagem da matemática começava a mudar, pois a noção de rigor estava se modificando, sendo o tipo de prova matemática defendida pelos chamados formalistas o critério que passaria a prevalecer, baseado no método hipotético-dedutivo.

Se considerarmos a argumentação de Weintraub (2002), Punzo (1991) e Ingrao & Israel (1990), no antigo reducionismo prevalecia como critério de verdade o “modelo físico fundamental”. Se tentarmos conciliar com a teoria de Bresser-Pereira (2008), o antigo reducionismo utilizava um método empírico-dedutivo e o novo reducionismo utiliza um método hipotético-dedutivo. Para Bresser-Pereira, toda matemática se utiliza do método hipotético-dedutivo. Haveria, porém, uma

discordância entre o pensamento do professor Bresser e dos autores em questão, visto que para o primeiro a física até os dias de hoje se utiliza do método empírico-dedutivo e para os últimos, segundo a nossa interpretação, a física passou a utilizar um método hipotético-dedutivo a partir da revolução na física matemática ocorrida em começos do século XX.

Segundo INGRAO & ISRAEL (1990, pp. 182-184), Hilbert foi o mais importante matemático a conduzir esse desenvolvimento. Seu texto “Grundlagen der Geometrie” de 1899 trouxe os pontos principais dessa tendência mais axiomatizante. Nesse trabalho, o autor destacou que uma teoria matemática seria um conjunto complexo de teoremas obtidos por meio da lógica-dedutiva. E por fim, definia que uma entidade matemática era determinada por axiomas. Hilbert considerava apenas os axiomas e teoremas como elementos significativos da teoria. E o conteúdo substantivo seria irrelevante em relação a sua estrutura lógica. Para o matemático, as palavras “ponto”, “linha”, e “plano” poderiam ser substituídas por “cadeira”, “mesa” e “copo de cerveja”, e isso não iria prejudicar a validade da teoria. Na verdade, considerava que o método axiomático garantiria uma completa liberdade de movimento à matemática e convenceu grande parte da comunidade matemática da solidez do novo paradigma. A fim de superar a crise de fundamentos em matemática, estabeleceu um programa rigoroso que objetivou demonstrar a natureza não contraditória do núcleo central da matemática, ou seja, da aritmética.

3.4 O Equilíbrio Geral e o Círculo de Viena

Alguns defendem que a influência da matemática na economia teria ocorrido de maneira mais acentuada graças ao desenvolvimento da teoria do equilíbrio geral; INGRAO & ISRAEL (1990, p. x) afirmam que “o problema de matematização não é uma característica secundária da teoria do equilíbrio geral, mas uma das razões básicas para sua criação e desenvolvimento.”

Para Punzo (1991, pp.1-2), a revolução marginalista na história do pensamento econômico não fora apenas aquela provocada por William Stanley Jevons, Leon Walras, Alfred Marshall, Carl Menger, etc.; ela teria sido aprofundada de 1924 em diante por alguns economistas que frequentavam o Círculo de Viena, grupo cujos membros mais ativos eram os filósofos Moritz Schlick (1882-1936), Rudolf Carnap (1891-1970) e Otto Neurath (1882-1945), este último também interessado nas ciências sociais. Faziam também parte das discussões do “Colóquio de Matemática de Viena” os economistas Oskar Morgenstern (1902-1977) e Karl Schlesinger (1889-1938), os matemáticos Karl Menger (1902-1985), Abraham Wald (1902-1950) e John von Neumann (1903-1957); e o lógico Kurt Gödel (1906-1978). Estes pensadores sustentavam a conveniência da formalização das ciências sociais. Este Círculo teria reexaminado o modelo de equilíbrio geral de

Walras. As questões que preocupavam os membros do Círculo eram relacionadas ao que deveria ser entendido como estado de equilíbrio, qual era o significado dele existir, e como provar sua existência. Um dos significados do equilíbrio vinha da mecânica clássica e se referia a duas forças que se opõem. O outro significado era proveniente da noção de possibilidade de reconciliação das escolhas individuais, sendo este o que prevaleceu e que permanece em economia até os dias de hoje.

Quem deu as maiores contribuições para a prova da existência do equilíbrio geral e que participou do Círculo de Viena foi John von Neumann.

3.5 A importância de John von Neumann para a teoria do equilíbrio geral

John von Neumann nasceu em uma família judia em Budapeste em 1903 e foi obrigado a emigrar para Alemanha em função do sentimento antissemita desencadeado pela contrarrevolução branca na Hungria. Estudou na Universidade de Berlim, onde teve a oportunidade de acompanhar as conferências de Einstein sobre estatística mecânica. Entretanto, o centro científico que mais o atraiu foi Göttingen, no qual passou um ano após a conclusão de seu doutorado, principalmente pelos ensinamentos e pela concepção axiomática de David Hilbert, da qual se tornou adepto. Todos os relatos do período de Göttingen estão de acordo em descrever a capacidade matemática de von Neumann como fenomenal. Por essas qualidades é que von Neumann se tornou, segundo INGRAO & ISRAEL (1990, p.184-186), “o cientista ideal para personificar o novo paradigma matemático”, que culminou na substituição do antigo reducionismo fundamentado no determinismo mecanicista por outro baseado na analogia matemática, na qual prevalecia, como vimos, um esquema puramente hipotético-dedutivo. A “nova” matemática, liderada por von Neumann, baseava-se em técnicas de análise funcional, teoria da medição, análise convexa, topologia e o uso do teorema do ponto fixo. O ponto de convergência comum de von Neumann com o Círculo de Viena é a prova de consistência lógica do modelo de equilíbrio geral (PUNZO, 1991, p.9).

É importante destacar que não foi apenas von Neumann que contribuiu para a teoria moderna do equilíbrio geral. Existiu a participação de um grupo de matemáticos e economistas, entre os quais se destacam G. Cassel, H. Neisser, K. Schelsinger, H. von Stackelberg e F. Zeuthen. Mas principalmente Abraham Wald, que foi fortemente influenciado pelas ideias do Círculo de Viena, cuja contribuição foi feita por meio de dois artigos publicados em 1935 e 1936 que dava a primeira solução para existência do equilíbrio geral (BEAUD & DOSTALER, 1997, p. 70).

Cassel teria sido o primeiro a tentar resolver o problema da existência do equilíbrio, colocando dois problemas: 1) o primal, referente à constituição da oferta e da demanda de bens e 2) o dual, referente à relação do preço ao custo. Wald deu um passo além de Cassel ao assumir que

todos os bens produzidos buscavam preços positivos e ao afirmar que apenas seriam produzidos a partir do momento que a igualdade entre o custo de produção e o preço de venda fosse garantida em cada processo. Wald considerou que estas duas questões iriam além do escopo da prova formal. Por isso, segundo Punzo (1991), “apenas a metade do salto necessário para ir da teoria do equilíbrio geral clássica dos fundadores a sua versão moderna foi feita por Wald”. Teria sido von Neumann quem tornou o modelo completo com a introdução de duas regras: a de preços competitivos e da regra de escolha de técnicas eficientes. Isso porque, tanto o conjunto de bens como as técnicas utilizadas seriam determinados endogenamente. Com as novas idéias de von Neumann, cada realização do equilíbrio poderia descrever uma economia. Portanto, a correspondência de “um para um” entre uma economia e o seu modelo era perdida e, com isso, o equilíbrio não necessitaria ser realizado em apenas uma única economia, mas em várias. Desse novo desenvolvimento é que se obteve a noção de várias realizações do equilíbrio no modelo, que, por isso, nascia completo.

A resolução formal para o equilíbrio geral foi apresentada por von Neumann, em 1932, em um seminário na Universidade de Princeton sobre seu modelo de crescimento econômico. Entretanto, a publicação referente esse modelo saiu na Alemanha apenas em 1937 sob o título: “Über ein Okonomisches Gleichungssystem und eine Verallgemeinerung des Brouwerschen Fixpunktsatzes”. O trabalho continha as ideias que dariam base à formulação moderna da teoria de equilíbrio geral. Este artigo é considerado por Weintraub (2002, pp. 95-96) como o mais importante da economia matemática por quatro motivos, sendo a gênese (1) da moderna existência de provas nos modelos de equilíbrio geral; (2) da programação linear e sistema dual de diferenças; (3) da teoria do *turnpike* e (4) da teoria do ponto fixo, que, conforme Beaud & Dostaler (1997, p. 70), é ligada ao conceito de minimax¹⁰ e passa pelo campo da topologia algébrica. O teorema do ponto fixo tinha sido provado em 1911 pelo matemático Brouwer¹¹, foi usado no campo da física e estendido para a economia pelo matemático S. Kakutani em 1941, servindo tanto para a teoria dos jogos quanto para a teoria do equilíbrio geral, e sendo também fundamental para as provas da existência do teorema de equilíbrio de Debreu na década de 1950. O trabalho principal de von Neumann para a economia, apesar de ter sido publicado em 1937, viria da discussão, segundo Weintraub (2002), sobre o programa formalista de Hilbert da década de 1920 e apenas foi traduzido para o inglês na *Review of Economic Studies* entre 1946 e 1947. Por isso, a principal obra de von

¹⁰ O conceito de minimax se refere a qualquer jogo de duas pessoas de soma zero, como o xadrez, com número finito de estratégias para cada jogador, tem uma solução determinada. Onde existe uma estratégia racional que garante ao jogador vantagem máxima qualquer que seja a escolha da estratégia do adversário até 1928, esse conceito era aplicado apenas aos jogos de xadrez

¹¹ Um economista brasileiro que realiza uma discussão sobre a irrelevância desse teorema, proclamada pelo próprio Brouwer, é Prado (2007).

Neumann, que influenciou a economia, não envolveu a discussão sobre o Teorema da Incompletude de Gödel, pois ele apenas teve contato com este teorema ao final da década de 1930, quando reconheceu que o programa formalista de Hilbert era inconsistente.

Quem se aliou ao desenvolvimento teórico de von Neumann em um momento posterior, segundo INGRAO & ISRAEL (1990), foi Oskar Morgenstern. Este tinha criticado os economistas, em sua tese de doutorado de 1928, por utilizarem técnicas matemáticas primitivas e sugeriu a aplicação da teoria dos jogos ao comportamento social. Para esse autor, naquele momento, a teoria explicava apenas uma situação estática, dada como inalterável e, por isso, seria incapaz de dizer algo quando ocorresse alguma variação, tornando-se sem importância do ponto de vista científico e, portanto, dificilmente mereceria o nome de teoria ou ciência. Ainda destacou que a complexidade das interações possíveis poderia ser examinada apenas por um emprego extensivo da matemática e rigor lógico necessário, além da análise por meio de estruturas formais especialmente criadas para lidar com o problema. Essas preocupações de Morgenstern o levaram, junto com von Neumann, à tentativa de criar uma nova linguagem matemática para lidar com situações específicas do mercado. Apesar das colaborações entre ambos terem se iniciado em 1939, foi apenas em 1944 que o resultado surgiu com a publicação do livro *Teoria dos Jogos e Comportamento Econômico*. Aliado ao desenvolvimento da teoria dos jogos, o livro de von Neumann e Morgenstern possuía uma rigorosa axiomatização da teoria econômica que objetivava encontrar os princípios que definiam o comportamento racional dos participantes da economia. Ao mesmo tempo em que reconheciam que os fenômenos sociais não eram menos complexos que os físicos, eles exigiam a invenção de novas ferramentas matemáticas tal como na física. Destacaram a importância da física em fornecer diretrizes para nova pesquisa. A primeira crítica sobre o equilíbrio walrasiano, tratada no livro desses autores, refere-se às suas limitações em situações de mercado dentro da estrutura de maximização de utilidade. Essa estrutura deixaria de fora todas as situações intermediárias entre os casos de concorrência perfeita e o monopólio puro. Essa questão foi relacionada à incapacidade do método walrasiano em representar as escolhas e o comportamento em um mercado descentralizado, onde as forças de mercado operavam. Nesse tipo de mercado, a falha do método walrasiano se dava em função de sua incapacidade de explicar as influências nas escolhas e nos comportamentos individuais de agentes conscientes sobre os comportamentos de outros agentes. Na realidade, os agentes só teriam em mente esta interação no momento em que buscavam maximizar a utilidade. Com esses desenvolvimentos, a teoria do equilíbrio walrasiano acabou por ser minada, pois se espelhava na mecânica clássica ao se vincular a apenas um momento de observação de interação dos agentes, não considerando as outras interações. Daí a necessidade da substituição sugerida por

von Neumann e Morgenstern pela teoria dos jogos, que forneceria a solução para esse problema. Nesse aspecto, por meio da análise matemática axiomatizada de possíveis estratégias de um jogo e seus resultados ótimos, von Neumann e Morgenstern buscaram a descrição de maior número de processos de interação entre indivíduos (INGRAO & ISRAEL, 1990, pp. 194-197).

Vimos até aqui que, a partir da década de 1930, o formalismo matemático parece ter começado a influenciar de maneira mais acentuada o discurso econômico, fruto de discussões no Círculo de Viena sobre a questão do equilíbrio e pela prova da existência demonstrada por von Neumann. Entretanto, esse discurso econômico mais matematizado, apesar de ter tido forte influência da corrente formalista da matemática, não tornou a economia uma ciência pura. Isso porque, como afirmam INGRAO & ISRAEL (1990, p. 188), as ideias do Círculo de Viena tinham vínculos com a tradição mais antiga da teoria matemática, ou seja, o intuicionismo antiformalista. Por isso, embora a abordagem de von Neumann tenha prosperado no longo prazo, na década de 1930, a contribuição dos vienenses teria sido muito importante para preservar o núcleo da teoria clássica dentro da mudança paradigmática em evidência em ambos desenvolvimentos na matemática. Não obstante, as duas correntes parecessem muito diferentes, teriam permitido que as diferenças filosóficas entre Göttingen e Berlim de um lado e Viena de outro seguissem o “mainstream” dos formalistas.¹²

WEINTRAUB (2002), por outro lado, argumenta que o programa da matemática que teria influenciado mais a economia como um todo seria o não formalista. Entretanto, o programa formalista teria sido o que mais influenciou autores que buscavam uma prova para o equilíbrio geral. Gödel mostrou que era impossível se ter certeza sobre o fundamento do conhecimento baseado na lógica ou matemática, pois a teoria dos conjuntos era incompleta. Apesar disso, esse teorema abriria espaço para o que se chamou de certeza relativa, visto que se mostrou possível sustentar “uma consistência relativa para um conjunto estendido de postulados ou axiomas. Se uma proposição P não é verificável em um sistema A, acrescentando P a A (estendendo o sistema de axiomas) pode-se assegurar a verdade de P” (WEINTRAUB, 2002, p.98). Esse P seria verdadeiro relativamente para qualquer sistema, como seria relativa a consistência da estrutura da qual esse

¹² Para PUNZO (1991, p. 15), todos os modelos anteriores à “revolução formalista” da década de 1930 são intuitivos e capturam a realidade econômica. Daí, destaca que “Deste ponto de vista, não vejo nenhuma diferença significativa entre as escolas clássica e marginalista. Pelo contrário, a história do pensamento econômico mostra notável continuidade até a década de trinta. A análise de equilíbrio geral de Walras, Pareto e Cassel não era a contabilidade social dos britânicos, mas foi, no entanto, mais próxima da visão britânica do que a de equilíbrio geral moderno”. Trata-se, deste ponto de vista, de uma visão um tanto quanto pós-moderna, pois Punzo relativiza o pensamento econômico da escola clássica, que tinha em comum a teoria do valor trabalho e a une à teoria marginalista, cuja base era teoria da utilidade, pelo fato de ambas buscarem alguma comprovação empírica. No mínimo, a hipótese destacada por Punzo é um pouco forte. Ver PRADO (2009) quando faz o mesmo apontamento em relação a Philip Mirowski.

sistema pertencesse. O exemplo é se duas pessoas fossem formalizadas na teoria dos jogos, nesse caso, para as conclusões serem verdadeiras, os pressupostos teriam que ser verdadeiros também. O que seria considerado verdadeiro estaria ligado ao entrelaçamento de um modelo teórico consistente conhecido e um modelo físico. Por trás disso estaria a ideia de uma mecânica reducionista usada para fazer argumentos científicos rigorosos desenvolvidos por Volterra, Edgeworth e Pareto. Por outro lado, a abordagem de Hilbert surgiu em contraposição a essa imagem de rigor matemático. “Para preservar a relação entre rigor e verdade, os economistas começaram a associar rigor com o desenvolvimento axiomático da teoria econômica, dado que a axiomatização foi vista como um novo caminho para descobrir novas verdades científicas” (WEINTRAUB, 2002, pp. 97-98).

Podemos perceber que as divergências sobre formalismo matemático resultam das divergências e das mudanças de significado do conhecimento científico ocorridas desde no início do século XX. A pergunta que fazemos é: se aceitarmos os argumentos de Weintraub (2002) de que a teoria do equilíbrio geral possui uma certeza relativa, poderia ser considerada uma meta-teoria?

3.6 Bourbaki e o equilíbrio geral como meta-teoria

Segundo PUNZO (1991, p. 2-5), o novo reducionismo baseado no método axiomático desenvolvido por Hilbert possuía um princípio de interdependência hierárquica entre diversas teorias e a singularidade de unificação da meta-teoria por trás deles. Esse autor afirma que os apresentadores dos seminários em Bourbaki podiam ser considerados como seguidores de Hilbert, pois derivavam a concepção de um conjunto de teorias que eram adicionadas ao modelo matemático, unificadas por certos princípios de construção. Esses princípios poderiam ser interpretados como meta-teóricos, pois definiam os modelos como se fossem estruturas lógicas. Essas estruturas deveriam ser entendidas internamente dentro da sua própria lógica e não por sua relação com a realidade. Nesse caso de equilíbrio geral, os modelos seriam unificados por leis gerais. Para entendermos melhor essa questão é necessário estudar as influências de Bourbaki sobre um dos principais formuladores da teoria do equilíbrio geral: Gerard Debreu.

Bourbaki foi o nome coletivo de um grupo de matemáticos que, na década de 1930, tentou reintroduzir o rigor dentro do ensino do cálculo na França, reescrevendo tratados clássicos franceses de matemática. Os fundadores desse círculo foram Henri Cartan, Claude Chevalley, Jean Delsarte, Jean Dieudonne, Szolem Mandelbrojt, René de Possel e André Weil. O nome Bourbaki foi extraído de um “obscuro general francês do século XIX, Nicolas Bourbaki, e concordou-se em operar como um clube ou sociedade secreta” (WEINTRAUB, 2002, pp. 104-107). Desse congresso, em 1939, surgiu a obra “Teoria dos Conjuntos”, o primeiro volume de vários que viriam compor um

grande projeto de livro globalmente intitulado: “Elementos de Matemática” Esse volume mostrava um plano de trabalho e a conexão da Teoria dos Conjuntos com as demais áreas matemáticas, álgebra geral, topologia geral, análise clássica, intervalos de vetores topológicos e integração. A ideia fundamental, que permeou a obra do grupo e que orientou a produção de livros sobre essas seis áreas matemáticas, foi a de se ter uma teoria geral que fundamentasse o desenvolvimento das teorias e provas antes de se passar às aplicações, partindo-se do geral para o particular.

O grupo Bourbaki organizava seminários para discutir a elaboração desse ambicioso projeto, e foi por meio desses “seminários Bourbaki” que os matemáticos da França voltaram a se relacionar com a comunidade internacional após a segunda guerra mundial. As ideias de Bourbaki evitavam o debate sobre formalismo, idealismo, e antiformalismo, e seguiam na direção do desenvolvimento de uma abordagem axiomática centrada no conceito de estrutura, que permitiria aos matemáticos desenvolver teorias a partir desse conceito segundo certos padrões aceitáveis (WEINTRAUB, 2002, p.110). Entretanto, pregava que era necessário considerar várias estruturas de ordem superior. Mesmo assim, quando Bourbaki se referia ao teorema da incompletude de Gödel, o fazia de maneira tal que, na opinião de Weintraub, mais contornava do que enfrentava os questionamentos dele decorrentes. Pode-se afirmar que Bourbaki adotou o formalismo para evitar dificuldades filosóficas.

Qual seria, então, a ligação de Bourbaki com a economia? Ela teria sido estabelecido via Gerard Debreu, um dos responsáveis pela criação de uma teoria econômica pura. Debreu, antes da II Guerra, preparava-se para fazer o bacharelado em física e matemática. Durante a guerra ingressou na “École Normale Supérieure”, onde sob a influência de Henri Cartan, um dos membros originais do coletivo Bourbaki, desenvolveu uma sólida formação em matemática (WEINTRAUB, 2002, pp. 112-113). Quando Debreu teve seus primeiros contatos com os textos de economia, ficou decepcionado com os argumentos e os considerou de certa maneira “frouxos”. Entretanto, posteriormente leu outros textos econômicos. Esses textos o influenciaram, especialmente “*A la Recherche d’une Discipline Économique*”, do futuro ganhador do prêmio Nobel de Economia, Maurice Allais, obra com a qual teve contato por uma coincidência quando ainda circulava como rascunho em 1943, no meio do período da Segunda Guerra. Anos mais tarde outras obras de economia teriam um impacto em sua formação, como por exemplo, os livros de John Von Neumann “Um Modelo Geral de Crescimento Econômico” (1937) e “Teoria dos Jogos e Comportamento Econômico” (1944). Logo após a II Guerra, muitos foram os matemáticos franceses que migraram

para os EUA, entre eles Debreu, que se alocou na Universidade de Chicago (na Comissão Cowles¹³. Entretanto, esses matemáticos possuíam pouco conhecimento de economia e, ao serem introduzidos na pesquisa econômica, tenderam a desenvolvê-la como na matemática, sem a necessidade da parte empírica (WEINTRAUB, 2002, pp. 122-123).

Na Universidade de Chicago, por meio da Comissão Cowles, da qual se tornou membro permanente em 1950, Debreu conseguiu espalhar o pensamento bourbakista. Este pensamento se tornou dominante em Chicago, e influenciaria Tjalling Koopmans (futuro prêmio Nobel de economia), líder intelectual da Comissão, que, junto com Debreu, tornar-se-ia proponente da nova abordagem. Num momento posterior, 1955, a Comissão Cowles se mudou para Yale, que era o maior departamento de economia nos EUA na época. Isso contribuiu para a disseminação da perspectiva de Bourbaki para outros departamentos de economia nos EUA e para o mundo. Em uma de suas principais obras, a “Teoria do Valor”, Debreu seguiu um método análogo ao da teoria dos conjuntos de Bourbaki, como destaca Weintraub, (2002, pp. 118-121). Sua livro buscou estabelecer uma estrutura mãe analítica da qual todos os trabalhos econômicos deveriam partir, o equilíbrio geral. A partir desse desenvolvimento teórico, o objetivo do modelo passava a ser o de identificar a essência do sistema de equilíbrio. Tal como em Bourbaki, Debreu tinha como preocupação inicial justificar a identificação inicial das estruturas. Nessa mesma direção, Punzo destaca que o equilíbrio geral moderno, para Debreu, preocupava-se com as classes de representações formais, cada classe teria um representante em um modelo genérico. Com isso,

(...) um modelo genérico seria construído, colocando juntos, por montagem, blocos logicamente distintos de relações matemáticas (sistemas parciais), cada um derivado de hipóteses independentes ou leis assumidas no sistema e/ou comportamento de indivíduos e, possivelmente, a partir de requisitos adicionais da coerência sistêmica. Isso seria uma consequência da interdependência econômica e que qualquer modelo deve incorporar um mecanismo de determinação simultânea de todas as suas variáveis endógenas tratadas como incógnitas. (PUNZO, 1991, p.4).

O problema gerado por essas ideias seria que tal mecanismo meta-tórico poderia, no máximo, imitar um algoritmo¹⁴ computacional: como um dispositivo de cálculo, sendo que o modelo em que está inserido esse algoritmo é incompleto, e a determinação de valores das variáveis é designada de maneira lógico-dedutiva. Não havendo necessidade de qualquer correspondência com realidade.

¹³ A Comissão Cowles no seu início era vinculada aos estudos de econometria e matemática como veremos mais adiante.

¹⁴ Trata-se de um conjunto de regras de operação cuja aplicação permite resolver um problema enunciado por meio de um número finito de operações.

Apesar dos diversos problemas de sua abordagem, para Beaud & Dostaler (1997, p. 71-72), Debreu teria provado sob a hipótese restritiva de que se todo indivíduo tivesse inicialmente alguma quantidade positiva de todos os bens disponíveis para venda, o equilíbrio competitivo existiria. Trata-se do que se passou a chamar teorema da existência do equilíbrio competitivo. Apesar dessa hipótese muito forte, considerou que o modelo competitivo é uma razoável descrição da realidade. Entretanto, nenhuma estabilidade nem unicidade do equilíbrio foi provada de maneira independente, e até mesmo a prova da existência é colocada em dúvida, como destacado por Weintraub (2002). O próprio Debreu afirmou que a demonstração da unicidade e estabilidade do equilíbrio geral exige hipóteses restritivas demais. Além disso, a existência do equilíbrio geral supostamente provada por Debreu envolveu uma teoria que excluía dinheiro e incerteza, variáveis estas fundamentais em uma economia de mercado.

4. A prova “inexorável” da existência do equilíbrio geral de Arrow e Debreu

Segundo Weintraub (2002, pp.184-186), a partir do artigo “On the Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy” de Kenneth Arrow e Gerard Debreu de 1954, a ideia de equilíbrio geral foi cada vez mais incorporada como parte do corpo de conhecimento aceito em economia. A pergunta que se faz é se aceitação desse artigo pela academia teria sido imediata ou ocorreria ao longo anos. Para responder a essa pergunta, Weintraub verificou como foi o processo para que Arrow e Debreu conseguissem publicar o artigo no prestigioso periódico *Econometrica*. Ele também analisou como a teoria do equilíbrio geral foi sendo incorporada aos livros textos de microeconomia dos cursos de graduação e de pós-graduação nos EUA. O autor afirma que a partir da década de 1940, antes da publicação da prova de equilíbrio de Arrow e Debreu, os economistas da época, a exemplo de seu pai Sidney Weintraub, apontavam para a importância da análise da tendência do equilíbrio em mercados específicos. Entretanto, eles relutavam em concordar com a visão de que todos os mercados possam estar em equilíbrio simultaneamente. A admissão da tendência de equilíbrio em um mercado específico estaria muito longe de subscrever a ideia que todos os mercados poderiam estar em equilíbrio simultaneamente.

Antes de 1930, as tentativas de provar a existência do equilíbrio geral se baseava na ideia de que deveria existir um número de equações igual ao número de incógnitas. O problema da resolução dessa questão era considerado mais da matemática do que da economia e vinha da época de Walras. Isso acontecia reiteradamente nos livros textos e até mesmo em “Valor e Capital” de Hicks. Embora poucos economistas na década de 1930 tenham entendido que a prova matemática da existência do equilíbrio geral era um problema difícil de resolver, e mesmo havendo notícias dos trabalhos de Wald e von Neumann, parece, segundo Weintraub, que essas análises não foram

incorporadas ao “mainstream da economia”¹⁵ da época, sendo relegadas aos “bastidores da economia matemática”. Nesse contexto, a principal preocupação de Weintraub foi mostrar o processo de transição do entendimento de economistas que pensavam que a prova de existência do equilíbrio consistia na igualação do número de equações com o de incógnitas, para a prova de existência de Arrow e Debreu baseadas em teoremas de ponto-fixo.

Isso mostra que, apesar do artigo de Arrow e Debreu ter sido publicado apenas em 1954, a influência do equilíbrio geral moderno foi quase imediata na economia. Tanto que em 1958, a primeira edição do livro texto “Teoria Microeconômica: Uma Abordagem Matemática”, de James Henderson e Richard Quandt, continha a subseção “Equilíbrio Multimercado”, que destacava com poucos detalhes a “nova prova” do equilíbrio. Essas mudanças no ensino da teoria microeconômica foram progressivas e como destaca Weintraub (2002, p. 189): “os estudantes do doutorado foram ensinados que um equilíbrio existe sobre certas condições, mas não lhes fora ensinado a própria prova no livro texto.” No prefácio da segunda edição em 1971, Henderson e Quandt destacaram a dificuldade da prova e apresentaram, ao invés da prova de Arrow e Debreu, o teorema do ponto fixo de Brouwer. Entretanto, esse teorema apenas provaria a existência do equilíbrio para um caso restrito. Para o caso geral, apenas ofereceram um esboço da prova apresentada por Debreu (1959) por meio do teorema do ponto fixo de Kakutani.

Portanto, Henderson e Quandt, a partir de 1958, passaram a ensinar seus alunos de economia que Arrow e Debreu tinham provado a existência do equilíbrio geral competitivo. E depois de pouco tempo da publicação do artigo de Arrow e Debreu na *Econometrica*, a validade dessa prova haveria se espalhado como verdade dentro do meio acadêmico em economia, embora, como destaca Weintraub, os detalhes não tenham sido apresentados para os estudantes. Se os

¹⁵ Segundo INGRAO & ISRAEL (1990, pp.176-177), o interesse renovado sobre o modelo interpretativo (antiformalista), que surgiu entre os economistas entre 1930 e 1950, não teria vindo dos principais responsáveis pelo desenvolvimento formal da teoria do equilíbrio geral moderno como Wald, von Neumann e Arrow-Debreu, mas sim foi fruto de teorias de economistas que reabsorveram o equilíbrio geral walrasiano como J. Hicks em *Valor e Capital* (1938). Talvez tenha sido o ecletismo de Hicks que facilitou o sucesso da teoria do equilíbrio geral, que até então permanecia isolada, conquistando um reconhecimento que havia sido negado aos trabalhos de Walras e Pareto. Hicks tinha o objetivo de defender a abordagem destes autores para o problema de determinação do preço, que no final do século XIX, era considerada de irrelevância empírica devido a excessiva abstração. Nesse percurso, Hicks teria entrado em choque com Morgenstern. Este o acusou de falta de rigor e de sua teoria ser ultrapassada. O estilo da teoria escrita em *Valor e Capital* teria passado longe do ideal de axiomatização que tinha sido desenvolvido no Círculo de Viena, onde os desenvolvimentos formais tinham ido muito além da abordagem tradicional dos cálculos empregados por Hicks. Entretanto, conforme destacam Beaud & Dostaler (1997, pp. 73-74), Hicks, junto com Paul Samuelson, foi responsável pela integração da ideia de equilíbrio geral aos livros textos de economia. Samuelson tentou, após a publicação de *Valor e Capital*, sistematizar de maneira mais orgânica a teoria do equilíbrio geral walrasiano. Seu livro “Fundamentos da Análise Econômica”, de 1947, obteve grande sucesso se transformou na verdadeira “bíblia” dos economistas. Portanto, “foi a assimilação e o filtro metodológico proposto primeiro por Hicks e depois por Samuelson que espalhou a teoria do equilíbrio econômico geral entre os economistas profissionais e lhe deu uma posição chave incontestada (INGRAO & ISRAEL, 1990, pp. 178).

economistas estão de acordo em supor que os livros textos da pós-graduação refletem o consenso sobre o conhecimento de uma disciplina, conforme um paradigma prevalecente, então pode ser afirmado que a prova de Arrow e Debreu foi aceita poucos anos depois de sua publicação, pois, a partir de 1958 já fazia parte de um dos principais livros de teoria microeconômica para formação de um Ph.D. em economia nos EUA¹⁶.

Apesar da prova do equilíbrio por Arrow e Debreu a partir do artigo publicado na *Econometrica* ter sido tomada por muitos autores como uma verdade demonstrada e indiscutível, Weintraub afirma que esse resultado foi sendo construído sem conseguir, inicialmente, uma aceitação unânime. Em realidade, o que esse autor questiona é o que se entende por prova em diferentes tradições, e dessa maneira mostra que nem todo mundo aceitou imediatamente a demonstração de Arrow e Debreu. Dos dois pareceres solicitados pela *Econometrica* sobre o artigo, um de William Baumol, do departamento de Economia da Universidade de Princeton e o outro de Cecil Glenn Phipps do departamento de matemática da Universidade da Flórida, o primeiro foi positivo e o último foi negativo. Phipps rejeitou completamente o artigo questionando a prova dos axiomas apresentados. Apesar do parecer desfavorável de Phipps, o artigo foi publicado pois o editor associado da *Econometrica*, Nicholas Georgescu-Roegen, considerou que um parecer favorável, o de Baumol, era suficiente considerando o renome que Debreu e Arrow já possuíam na academia. E, portanto, a confirmação se a matemática do artigo estava certa ou não poderia ser feita em outro momento. Com a publicação do artigo, Phipps enviou uma carta crítica à *Econometrica*, pedindo que esta fosse publicada. Para avaliar se essa carta deveria ser ou não publicada, foi solicitada a opinião dos autores Arrow e Debreu, além de vários outros economistas matemáticos: Ragnar Frisch (editor da *Econometrica*), Lionel McKenzie, Hukukane, Nikaido, Tjalling Koopmans e Nicholas Georgescu-Roegen. Esses economistas tiveram atitudes que iam da rejeição frontal da carta crítica de Phipps, desqualificando-a, a uma postura mais simpática à mesma. Todavia, finalmente o artigo foi publicado sem modificações e a carta de Phipps aos editores não veio a público na época. Weintraub destaca o papel importante da retórica envolvida na aceitação como prova do modelo de equilíbrio geral de Arrow-Debreu. Os economistas matemáticos sentiram-se familiarizados com a prova de Arrow e Debreu antes de sua publicação. Nesse sentido, não houve necessidade de atestar a validade da nova prova da existência. O parecer de Phipps acabou não valendo devido ao prestígio de Arrow e Debreu. A falácia da autoridade teria prevalecido sobre a questão da prova, com Phipps sendo marginalizado. A dificuldade da prova do Equilíbrio Geral

¹⁶ Como vimos anteriormente, esse ponto de vista é um pouco controverso, pois para Ingrao & Israel (1990); e Beaud & Dostaler (1997), os livros de Hicks e principalmente de Samuelson, publicados antes que o artigo de Arrow-Debreu, é que foram os responsáveis pela disseminação da teoria do equilíbrio geral entre os economistas.

acabou por conduzir muitos economistas a aceitá-la como um dado. (WEINTRAUB, 2002, pp. 195-207).

Além dos motivos retóricos para disseminação do ideário hilbertiano/bourbakista por meio da teoria do equilíbrio geral moderno na economia, o processo de matematização do discurso econômico teria tido um incentivo político-ideológico. Em 1957, aconteceu um fato inusitado para os americanos, os soviéticos conseguiram colocar em órbita o satélite Sputnik, enquanto que os americanos falharam em suas tentativas. Isso teria causado inquietação pública, porque mostrava certo atraso tecnológico dos EUA em relação à antiga URSS no que referia à engenharia e ao lançamento de mísseis (WEINTRAUB, 2002, p.246), e que também era visto como um atraso tecnológico científico de consequências potencialmente devastadoras.

A fim de tentar superar essa defasagem em termos tecnológicos, o governo dos EUA reavaliou o seu sistema educacional, direcionando-o para a ênfase na matemática e na engenharia. A Fundação Nacional de Ciência dos EUA, destaca Weintraub, começou a injetar recursos na educação pública objetivando enriquecer o conhecimento dos estudantes do ensino médio.

A matemática que foi enfatizada nas escolas americanas, porém, não foi a matemática aplicada, mas sim a matemática vinculada a uma “prova elegante” e ao destaque para os teoremas mais abstratos. Weintraub afirma que entre 1930 e 1950 houve um processo de divisão ciência econômica entre economistas matemáticos e economistas não matemáticos. Os primeiros foram denominados erroneamente economistas formalistas. Isso porque, para Weintraub, o lado matemático que foi utilizado na economia não era o ligado ao da prova matemática (formalista), mas sim ao lado não axiomático do programa de Hilbert (WEINTRAUB, 2002, p. 255).

Essa tese de Weintraub parece um tanto contraditória, mas não é. Esse autor tenta mostrar que há dúvidas sobre a prova da existência do equilíbrio geral de Debreu. Por isso, nem o equilíbrio geral, que é o principal guia da produção de modelos da economia neoclássica, poderia ser provado com certeza. Além disso, problemas gerados pela física quântica, em que se comprovou que a energia não se processava em caráter contínuo, mas sim em saltos, acabou gerando questionamentos sobre a validade cálculo diferencial e integral que exige funções contínuas. Aliado a isso, o teorema da incompletude de Gödel, que demonstrava que a teoria dos conjuntos era incompleta, impactou a corrente formalista da matemática. Estes acontecimentos teriam impactado a economia, que teria sofrido influências não formalistas, principalmente a microeconomia, a ponto de ROSENBERG (1994) apontar Weintraub como um defensor do que acabou prevalecendo na microeconomia, segundo Weintraub como um defensor de que a microeconomia seria um ramo da

matemática aplicada. Discordamos de WEINTRAUB (2002) porque a microeconomia seria mais matematizada segundo a definição econômica de formalização matemática que fizemos no início deste nosso trabalho, não segundo uma definição da própria matemática ou da física de fronteira.

5. Considerações finais

Neste artigo, buscamos resgatar algumas das principais influências da matemática e da física sobre o discurso econômico no século XX. Para isso, fizemos uma revisão de alguns dos principais autores da história do pensamento econômico que tratam desse tema.

Em Mirowski (1991), verificamos que existem dois momentos de ruptura no discurso econômico, um de 1870 a 1887, com a chamada “Revolução Marginalista” e outro entre 1925 e 1936. A primeira ruptura, que marca o começo da abordagem marginalista em economia, não teria conseguido orientar o discurso dos economistas rumo a uma linguagem matematizada, apesar de que esse era um dos objetivos dos fundadores dessa corrente, como Jevons, Walras e Edgeworth; com efeito, ela não conseguiu que os artigos matematizados, segundo a pesquisa de Mirowski, passassem a representar uma parcela substantiva dos artigos nos principais periódicos da época. Por outro lado, a segunda ruptura é mais significativa, pois apresenta tanto uma mudança qualitativa quanto quantitativa em termos de discurso econômico. A mudança é qualitativa, pois os marginalistas não dispunham de instrumentos matemáticos para provar a existência do equilíbrio geral. Esses instrumentos só ficaram disponíveis após a ocorrência da “revolução” na física matemática em meados do século XX. Essa revolução mudou a noção de rigor. Antes, para uma teoria ser rigorosa tinha que ter correspondência com um modelo físico. Após essa revolução, a noção de rigor se desloca para o domínio da coerência lógica. Isso permitiu que a produção de teorias na física e na matemática se tornasse ilimitada. O mesmo teria ocorrido na economia, uma vez a produção teórica, cujo critério de verdade é a correspondência com a realidade, limita a produção de modelos e a coerência hipotética dedutiva não. Portanto, com a revolução na física matemática e sua influência na economia, ocorre tanto uma mudança qualitativa, pois o foco do rigor se desloca da observação para a coerência lógica, quanto quantitativa, pois as possibilidades de construção da existência do equilíbrio podem ocorrer de mais de uma maneira.

MIROWSKI (1991), entretanto, não trata das explicações sobre essas rupturas em seu texto. São autores como INGRAO & ISRAEL (1990), PUNZO (1991) e WEINTRAUB (2002) que buscam na história do pensamento econômico respostas para explicar o processo de matematização do discurso econômico. Entendemos aqui que esse processo se deu com a adoção cada vez maior do

método hipotético-dedutivo no discurso econômico, conforme definido por BRESSER-PEREIRA (2008).

Tanto Ingrao & Israel, quanto Punzo, como Weintraub, concordam que é necessário percorrer a história da física e da matemática para compreender as transformações no discurso econômico no século XX, pois eles identificam que essas ciências têm influência crucial sobre a economia tal como foi efetivamente desenvolvida pelas correntes hoje majoritárias. Por isso, iniciam seus textos narrando a crise que aconteceu na física matemática no início do século XX. Destacam as transformações causadas principalmente pela física quântica¹⁷, passando pela geometria não euclidiana na matemática; isso tudo muda a concepção do critério de rigor anterior, baseado na observação, de modo que o rigor passa a ser avaliado a partir de critérios fundamentalmente matemáticos. A possibilidade de aplicação da matemática antes dessa crise estava limitada pela necessidade de correspondência com a realidade, mas a partir dessas mudanças, torna-se ilimitada ao ter como novo critério de rigor apenas a prova formal. Entretanto, a corrente que pretendia manter os critérios do modelo físico fundamental não desaparecera por completo, tendo uma representação no Círculo de Viena entre as décadas de 1920 e 1930.

As influências dessas duas correntes, que os autores chamam de antiformalista (intuicionista para Punzo) e formalista, exercidas sobre o discurso econômico, possuem uma ligação intrínseca sobre a discussão do equilíbrio geral. Há uma concordância entre os autores que o equilíbrio geral atual difere do equilíbrio geral das épocas de Walras e Cassel. O equilíbrio geral de Walras seria um equilíbrio vinculado ao pensamento da física matemática clássica, que tinha na observação a sua sustentação como modelo geral rigoroso. Por outro lado, o equilíbrio geral moderno, cuja linha vem de Wald, von Neumann e Arrow-Debreu, autores influenciados por Hilbert, possui, para Ingrao & Israel e para Punzo, tanto os aspectos formalistas da matemática moderna como os antiformalistas da mecânica clássica. Já para Weintraub, apesar de considerar a forte influência da corrente formalista da matemática sobre a economia pós Círculo de Viena, são os aspectos antiformalistas que prevaleceriam no discurso econômico. Este último autor associa isso ao teorema da incompletude de Gödel, que prova que a teoria dos conjuntos é incompleta e que o formalismo de Hilbert é inconsistente. Apesar disso, esse teorema teria permitido uma certeza relativa, o que permitia que fosse formalizado, mediante hipóteses aspectos de um modelo físico fundamental, constituindo-se numa meta-teoria.

Por outro lado, para INGRAO & ISRAEL, após a mudança paradigmática dentro da teoria do equilíbrio geral, o desenvolvimento formal e o paradigma interpretativo seguiram

¹⁷ WEINTRAUB (2002) foca mais as transformações ocorridas na matemática.

caminhos separados. A teoria necessária aos economistas profissionais do mercado, como um modelo heurístico da concorrência, sofreu uma ruptura em relação ao desenvolvimento da abordagem matemática. “As duas vidas separadas se encontrariam, claro, misturadas durante certos períodos de frutífera troca, mas os longos traços de suas histórias correram sob linhas paralelas” (1990, p.175).

6. Referências Bibliográficas

- BEAUD, Michel & DOSTALER, Gilles. *Economic Thought since Keynes – A History and Dictionary of Major Economists*. New York. Routledge, 1997.
- BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. *The two methods and hard core of economics*. www.bresserpereira.org.br, acesso 02/03/2008.
- FRANK, Robert. *Microeconomia e Comportamento*. Lisboa: Mc Graw Hill, 3ª Ed., 1998.
- GEORGESCU-RÖGEN, Nicholas. *Métodos em ciência econômica*. *Edições Multiplic*, 1 (2): 115-27, 1980.
- INGRAO, Bruna & ISRAEL, Giorgio. *The Invisible Hand – Economic Equilibrium in History of Science*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press 1990.
- MADDISON, Angus. *História del desarrollo capitalista: sus fuerzas dinámicas*. Barcelona: Ariel, 1991.
- MIROWSKI, PHILIP. *The When, the How and the Why of Mathematical Expression in the History of Economics Analysis*. *Journal of Economics Perspectives*, Vol. 5, No. 1, pp. 145-157, 1991.
- _____. *More Heat Than Light – Economics as Social Physics, Physics as Nature’s Economics*. Cambridge University Press, 2000.
- NICHOLSON, Walter. *Microeconomic Theory: basic principles and extensions*. Fort Worth (TX): Dryden, 6ª Ed., 1995.
- PINDYCK, Robert & Daniel RUBINFELD. *Microeconomia*. São Paulo: Pearson, 7ª Ed., 2010.
- PRADO, Eleutério F. S. *A Crítica de Brouwer ao Teorema de Brouwer e a Prova de Existência na Teoria do Equilíbrio Geral*. http://www.econ.fea.usp.br/eleuterio/ArtigosNaoPublicados/critica_de_brouwer_ao_teorema_de_Brouwer.pdf, acesso 11.05.2007.
- PRADO, Eleutério. F. S. *Economia, Complexidade e Dialética*. São Paulo, Editora Plêiade, 2009.
- PUNZO, Lionello F. *The School of Mathematical Formalism and the Viennese Circle of Mathematical Economists*. *Journal of the History of Economics*. Volume 13. Number 1. Spring. 1991.
- ROSEMBERG, Alexander. *Economics – Mathematical Politics or Science of Diminishing Returns?* Chicago and London, 1994.
- VARIAN, Hal. *Microeconomia: princípios básicos*. RJ: Elsevier, 2006 (tradução da 7ª edição em inglês).
- WEINTRAUB, E. Roy. *How Economics Became a Mathematical Science*. Duke University Press. Durham and London, 2002.
- WOO, Henry K. H. *What’s Wrong with Formalization in Economics – An Epistemological Critique*. Victoria Press, 1986.